



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Best Practice Industriële Warmtepompen

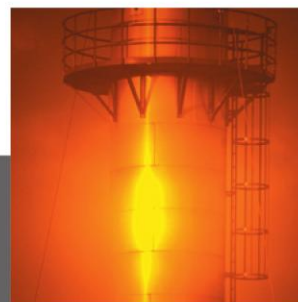
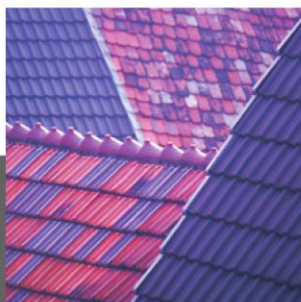
Bevindingen van de Gebruikersgroep Hoge Temperatuur Warmtepompen

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat

BEST PRACTICE INDUSTRIËLE WARMTEPOMPEN

BEVINDINGEN VAN DE GEBRUIKERSGROEP HOGE TEMPERATUUR WARMTEPOMPEN

Datum: 20 januari 2016
Opdrachtgever: RVO - P01561 4061 - 0156 14 01 43 001



ENERGYMATTERS
CONSULTANTS FOR ENERGY SOLUTIONS

Om papier te sparen is de opmaak van dit rapport geoptimaliseerd voor dubbelzijdig afdrukken.

BEST PRACTICE INDUSTRIËLE WARMTEPOMPEN

*BEVINDINGEN VAN DE GEBRUIKERSGROEP HOGE TEMPERATUUR
WARMTEPOMPEN*



Internet	www.energymatters.nl
Mail	info@energymatters.nl
Tel	+31 30 691 1844
Fax	+31 30 691 1765
Titel	Best Practice Industriële Warmtepompen
Subtitel	Bevindingen van de Gebruikersgroep Hoge Temperatuur Warmte- pompen
Projectnummer	15.611
Datum	20 januari 2016
Uitgevoerd door	Jan Grift



In opdracht van	RVO - P01561 4061 - 0156 14 01 43 001
Contactpersoon	Bart Manders

SAMENVATTING & CONCLUSIES

Circa 20% van het primair industriële energiegebruik vindt plaats op een temperatuurniveau van ruim onder de 250 °C¹. Dit is een bereik waar warmtepompen en mechanische dampcompressie kunnen worden toegepast.

Een significant deel van het industriële warmtegebruik zou in beginsel met warmtepompen en mechanische dampcompressie kunnen worden gedekt waarmee een aanzienlijke besparing op aardgas zou kunnen worden bereikt.

Bij een negental industriële bedrijven zijn de mogelijkheden voor de plaatsing van warmtepompen onderzocht. In de meeste gevallen zijn er mogelijkheden die voldoen aan de wettelijk gestelde eis van 15% Interne Rentevoet, met name waar warm water wordt gebruikt, op een lage temperatuur wordt gedroogd of product wordt ingedampt.

Vrijwel overal waar warm water wordt gebruikt, op lage temperatuur wordt gedroogd of product wordt ingedampt, zijn rendabele mogelijkheden voor warmtepompen of mechanische dampcompressie.

Criteria waarbij warmtepompen in de industrie rendabel kunnen worden toegepast zijn een restwarmtestroom van voldoende omvang (een ondergrens van ruwweg 800 MWh/jaar) in combinatie met een temperatuursprong van niet meer dan 50 °C. Voor processtromen met een lang opwarmingstraject mag dit 10 à 20 °C meer zijn mits de hoogste temperatuur onder de 90 °C blijft (CO₂-warmtepompen). De rentabiliteit wordt positief beïnvloed door:

- De grootte van een systeem (vanwege de basiskosten in een project)
- De continuïteit (vanwege de kosten van buffering)
- De dichtheid van de processtromen (vanwege de omvang en kosten van warmtewisselaars, vloeibare zijn gunstiger dan gasvormige stromen)
- De reinheid van processtromen (vanwege het kostenverhogende effect van vervuiling op warmtewisselaars)
- De afstand tussen vraag en aanbod (vanwege de kosten van leidingen)
- Een hogere verhouding warmte/elektriciteitsprijs.

Alleen projecten van voldoende omvang met een beperkte temperatuursprong blijken rendabel te zijn. Daarnaast beïnvloedt een scala aan factoren de rentabiliteit van een warmtepompproject.

De belangrijkste bottlenecks voor de marktintroductie van industriële warmtepompen zijn:

- Ontbreken van inzicht in eigen energiehuishouding
- Onbekendheid met de mogelijkheden van warmtepompen en warmtewisselaars
- Resources voor onderzoek en projectbegeleiding
- Concurrerende investeringsprojecten
- Zorgen over beïnvloeding procesparameters
- Complexiteit en mankracht onderhoud

¹ ECN Beleidsstudies, [ECN-BS--10-015](#), 29 april 2010; [compendium voor de leefomgeving](#)

Onbekendheid met de mogelijkheden en de consequenties van de plaatsing van warmtepompen, de beschikbare mankracht en concurrerende investeringsprojecten vormen de belangrijkste bottlenecks voor de introductie van industriële warmtepompen.

De belangrijkste kansen die de deelnemers zien voor industriële warmtepompen zijn onder andere:

- Verbetering van het imago
- Kostenbesparingen
- Marktonwikkelingen op het gebied van techniek en scans
- Inspelen op de momentane stroomprijs (hybride en flexibele energievoorziening)

Door de ontwikkelingen in de markt op het gebied van tarieven en techniek ontstaan er kansen voor bedrijven om hun groene imago te verbeteren.

Om de marktintroductie van industriële warmtepompen te stimuleren is er sterkte behoefte aan om:

- **bedrijven te laten inventariseren wat de omvang en temperatuurniveau van restwarmtestromen zijn in het kader van EED² alsmede MJA- en MEE-convenanten;**
- **bedrijven en intermediairs beter van informatie te voorzien³ onder andere door voortzetting van de gebruikersgroep en ondersteuning van websites als www.warmtepompen.nl en www.warmtepompen.nl;**
- **pilots op te zetten om de werking van warmtepompen te demonstreren en de onzekerheden weg te nemen door de deelnemers van het project verder te begeleiden bij de voorbereiding en de uitvoering;**
- **apparatenbouwer te stimuleren procesgeïntegreerde warmtepompen toe te passen.**

² Een voorzet is gegeven door in het rapportageformat EED restwarmte als onderdeel op te nemen met verwijzing naar dit rapport.

³ Zie ook “communicatieplan Industriële Warmtepompen”; ir. J.M. Grift iov RVO 14 Nov 2012

INHOUDSOPGAVE

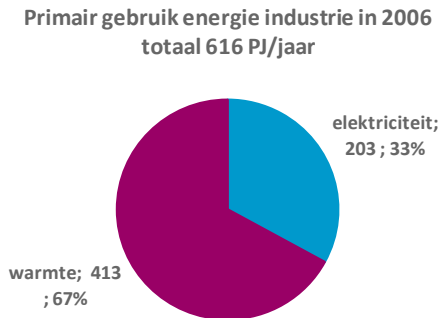
Samenvatting & Conclusies	5
Inhoudsopgave	8
1 Inleiding.....	11
1.1 Warmtegebruik industrie.....	11
1.2 Warmtepompen in relatie tot warmtekracht.....	12
1.3 Ontwikkelingen rond warmtepompen	13
1.4 Achtergrond opdracht	14
1.5 Leeswijzer	14
2 Ontwerp energiesystemen.....	15
2.1 Nieuwbouw.....	15
2.2 Retrofit.....	15
3 Economische evaluatie	16
4 Best Practices	17
4.1 Reinigingswater	18
4.1.1 Beschikbare warmte	18
4.1.2 Benodigde warmte	18
4.1.3 Directe warmteterugwinning.....	18
4.1.4 Inzet warmtepomp voor opwarming reinigingswater.....	21
4.1.5 Inzet warmtepomp en warmtewisselaar.....	22
4.1.6 Economie	23
4.1.7 CO2 winst.....	24
4.1.8 Conclusies	24
4.2 Condensorwarmte van koelsystemen	25
4.2.1 Beschikbare warmte	25
4.2.2 Benodigde warmte	26
4.2.3 Inzet van een warmtepomp gevoed met condensorwarmte.....	26
4.2.4 Economie	27
4.2.5 CO2 winst.....	28
4.2.6 Conclusies	28
4.3 Damp uit indampers	29



4.3.1	Restwarmte uit indampers	29
4.3.2	Beschikbare warmte	30
4.3.3	Benodigde warmte	31
4.3.4	Inzet mechanische damprecompressie	31
4.3.5	Invloed niet condenserende gassen in damp	32
4.3.6	Economie	32
4.3.7	CO2 winst.....	33
4.3.8	Conclusies	33
4.4	Luchtdrogers op basis van LiCl.....	34
4.4.1	Beschikbare restwarmte.....	34
4.4.2	Benodigde warmte voor opwarming van drooglucht	34
4.4.3	Inzet van een warmtepomp	35
4.4.4	Economie	36
4.4.5	CO2 winst.....	36
4.4.6	Conclusies	36
5	Kansen en knelpunten	37
5.1	Kansen	37
5.2	Bedreigingen.....	37
5.3	Observaties.....	38
6	Conclusies en aanbevelingen.....	39
A	Deelnemers Gebruikersgroep Hogetemperatuur Warmtepompen.....	41
B	Gevolgde aanpak van de scan.....	42

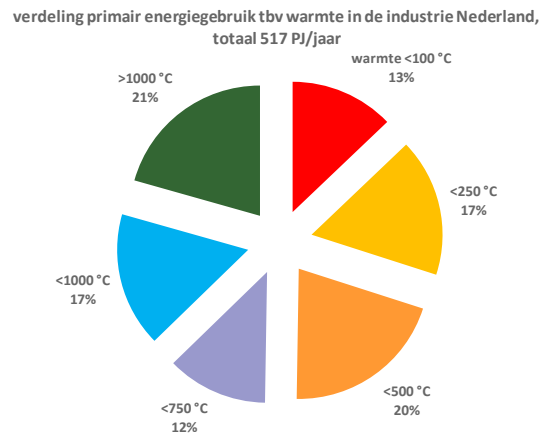
1 INLEIDING

1.1 Warmtegebruik industrie



Figuur 1. Primair gebruik energie Nederland volgens ECN⁴

In de industrie vormt het warmtegebruik ca 66% van het primaire energiegebruik bij een rendement van centrale opwekking van 43%.



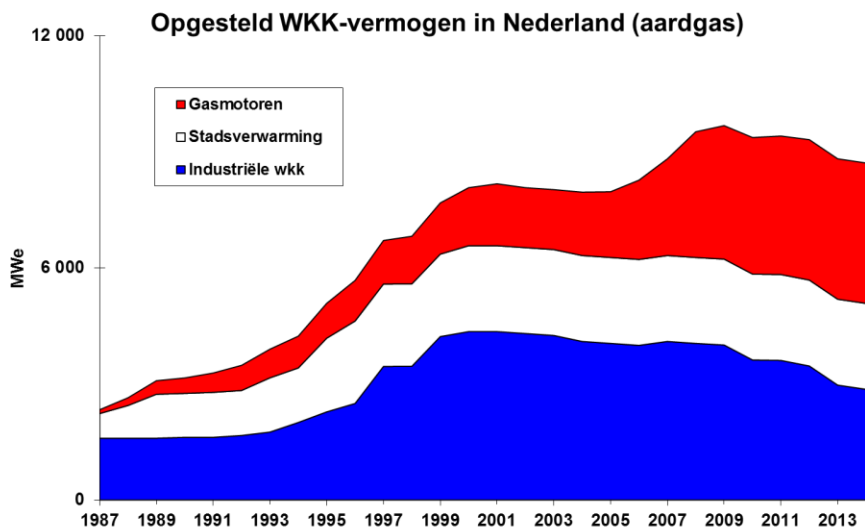
Figuur 2. Opbouw warmtegebruik industrie volgens ECN, situatie 2006.

Circa 30% van het primair energiegebruik ten behoeve van warmte wordt op een temperatuurniveau gebruikt van lager dan 250 graden Celsius en kan in beginsel door mechanische damprecompressie en warmtepompen worden opgewekt. Circa 13% (67 PJ) lager dan 100 graden Celsius, dat is equivalent aan ca 2 GW continu! Een temperatuurniveau waarbij inzet van restwarmte al dan niet via standaard warmtepompen in beeld komt.

⁴ ECN Beleidsstudies, [ECN-BS--10-015](#), 29 april 2010; [compendium voor de leefomgeving](#)

Nemen we het potentieel van mechanische damprecompressie mee dan komen we op een besparingspotentieel door de inzet van warmtepompen van ruwweg 14% op het totale primaire energiegebruik⁵ in de industrie.

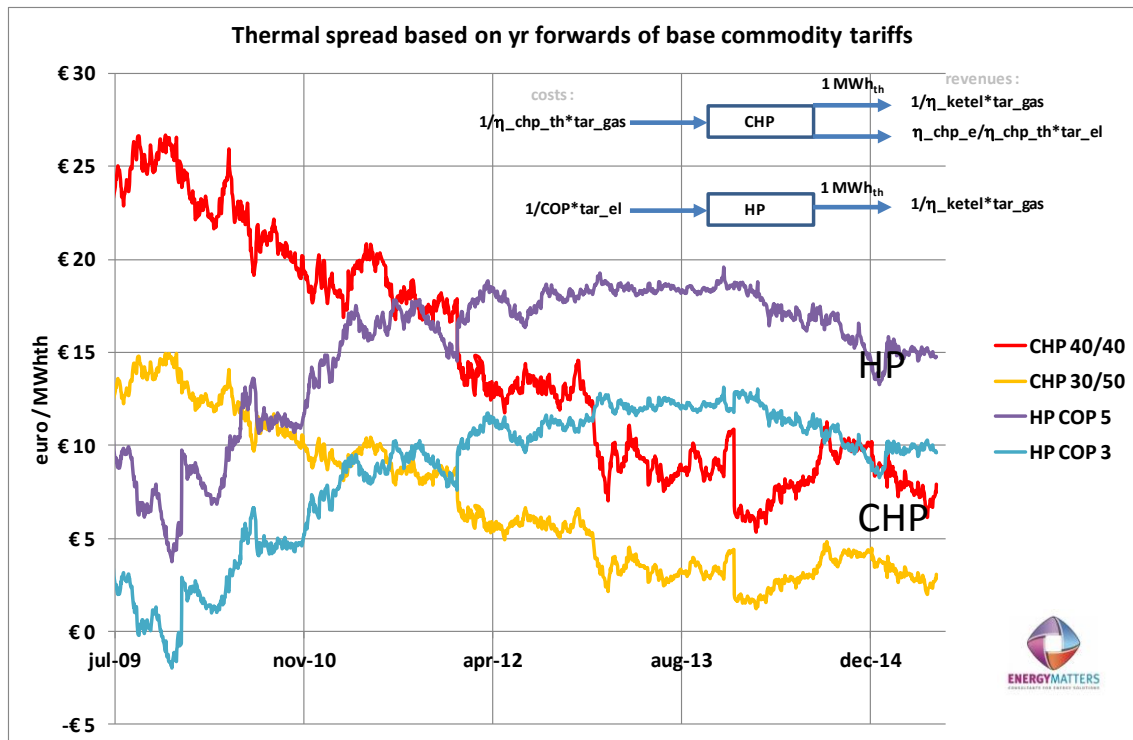
1.2 Warmtepompen in relatie tot warmtekracht



Figuur 3. WKK vermogen in Nederland (bron Energy Matters)

In Nederland is vanwege de beschikbaarheid van aardgas, gunstig beleid en een goede spark-spread in de jaren 90 veel warmtekrachtcentrales bijgeplaatst. In die jaren had besparing op warmte nauwelijks belangstelling, omdat deze als bijproduct van elektriciteitsopwekking werd gezien en relatief goedkoop was. De laatste jaren worden echter steeds meer centrales ontmanteld of stilgezet vanwege de slechte spark spread.

⁵ Gerekend met een rendement van elektriciteitsopwekking van 43%, warmte van 80% (ow) en een COP van 5



Figuur 4. Thermal spread gedefinieerd als besparing bij opwekking van een MWh thermisch ten opzichte van opwekking met een ketel op basis van commodity prijzen naar analogie van de spark spread (bron Energy Matters). In de legenda zijn de rendementen en de COP's weergegeven.

1.3 Ontwikkelingen rond warmtepompen

De aandacht voor warmte neemt daardoor toe. Warmtepompen zijn op marginale kosten al enkele jaren aantrekkelijker dan warmtekracht. Vanuit de aanbiederskant zijn er flinke ontwikkelingen te melden. Zo is het ECN bij diverse ontwikkelingen betrokken in de papierindustrie. Het betreft een hogedruk compressie warmtepomp, een thermo akoestische warmtepomp en een thermo-chemische warmtepomp. Deze warmtepompen kenmerken zich door hoge leveringstemperaturen en zullen binnen enkele jaren op de markt zijn. Zie [nieuwsbrief](#). Op het gebied van verbetering van de COP zijn ook vorderingen te melden. Voor lange opwarmingstrajecten kunnen warmtepompen met een “gliding temperature” worden geleverd, meestal op basis van transkritische CO₂ (zoals [Thermea](#)) maar ook met water-amoniakmengsels (zoals [Hybrid Energy](#)). Deze hebben een COP die ca 25% hoger ligt dan normale warmtepompen. Mechanische damprecompressie (ook een warmtepomp) wordt al jaren toegepast in de voedingsmiddelenbranche. Bij indampers is een temperatuursprong van 10 °C vaak al voldoende. Om ook met een hogere temperatuursprong te kunnen werken is Bronswerk Heat Transfer bezig met een tweetraps waterdampcompressor met tussenkoeling zodat stoom uit reactoren en indampers naar een hoger temperatuurniveau kunnen worden gebracht zie [Radiax](#).

1.4 Achtergrond opdracht

Het Energieakkoord voor duurzame groei ambieert een jaarlijkse besparing van 1,5% op het finaal energiegebruik met een reductie van 100 PJ per 2020. Gezien het grote aandeel van thermische energie in het finaal gebruik zal hier de grootste aandacht naar uit moeten gaan. Vandaar dat RVO restwarmtegebruik met bijvoorbeeld warmtepompen wil stimuleren en eventuele knelpunten wil wegnemen. Energy Matters is gevraagd een Gebruikersgroep Hoge Temperatuur Warmtepompen te begeleiden die aan de slag is gegaan om de kansen en mogelijkheden van hoge temperatuur warmtepompen te onderzoeken. In dit rapport worden de bevindingen van deze Gebruikersgroep weergegeven.

1.5 Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk wordt het belang van procesintegratie beschreven. In hoofdstuk 3 de economische evaluatie van warmtepompprojecten. In hoofdstuk 4 volgen enkele kansrijke toepassingen die gevonden zijn. In hoofdstuk 5 een inventarisatie van de kansen en de bedreigingen voor de marktintroductie van warmtepompen Gevolgd door conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 6. In bijlage A is een lijst van deelnemers te vinden alsmede een overzicht van scanresultaten. In Bijlage B is de gevolgde aanpak van de scan te vinden.

(De meeste plaatjes in de tekst zijn Engelstalig omdat deze gebruikt zijn in de communicatie met de deelnemers, enkele daar van zijn namelijk internationale bedrijven)

2 ONTWERP ENERGIESYSTEMEN

Bij het ontwerp van energiesystemen kan onderscheid gemaakt worden tussen nieuwbouw en bestaande situaties (retrofit).

2.1 Nieuwbouw

Bij het ontwerp van nieuwe fabrieken voor de grotere industrie, bijvoorbeeld de petrochemie, is het heel gebruikelijk om middels een pinchanalyse de totale warmtebehoefte en de daarbij behorende temperatuurniveaus in kaart te brengen om de warmtevraag te minimaliseren. Bij kleinere industrieën wordt dit echter niet of nauwelijks toegepast. De utilities worden min of meer als apart onderdeel gezien, los van de productielijnen. Leveranciers bieden (soms) wel restwarmtebenutting op apparaatniveau als optie aan, maar een integrale benadering van de fabriek ontbreekt vaak. Met name in de voedingsmiddelenindustrie wordt stoom als prioritaire warmtedrager gezien, hoewel veel van de warmtevraag in deze sector zich op een (veel) lager temperatuur niveau bevindt. Met name bij batch processen bestaat het idee dat warmterugwinning en pinchanalyses niet rendabel zijn.

Een integrale benadering bij het ontwerp van energiesystemen kan echter wel een aanzienlijke kostenbesparing opleveren. Voor bijvoorbeeld een voedingsmiddelenindustrie kan dit betekenen dat er verschillende leidingnetten en warmtebuffers nodig zijn om de restwarmte optimaal te benutten. Met warmtepompen kan het exergieverlies worden gecompenseerd zodat er geen aardgas nodig is om in laagwaardige warmte van onder de 100 °C te voorzien. Voor indampprocessen kan mechanische damprecompressie worden ingezet. Voor industriële drogers hoogtemperatuur warmtepompen welke momenteel in ontwikkeling zijn. Afgezien van processen met zeer hoge temperaturen (ca. > 150 °C) zoals smeltprocessen, moet het binnen afzienbare tijd mogelijk zijn bedrijven op warmtegebied volledig aardgasvrij in te richten. Dit is alleen mogelijk door een integrale benadering van de warmte- en koudevraag.

2.2 Retrofit

Het sluiten van warmtestromen is in een retrofit situatie een grote uitdaging en een kwestie van lange adem. Er moet wel een visie ontwikkeld worden waarbij iedere investering getoetst wordt aan een lange termijn visie. Dit kan betekenen dat er investeringen moeten worden gedaan die pas op langere termijn rendement gaan opleveren. Met name beursgenoteerde bedrijven zullen hier moeite mee hebben. Het grote risico van korte termijn denken is dat besparingsmaatregelen worden uitgevoerd die toekomstige optimalisaties blokkeren. Bijvoorbeeld de plaatsing van een warmtepomp op een plek waar ook directe warmtebenutting mogelijk wordt van een proces dat al in de planning staat. Of de directe voeding vanuit een stoomnet van een nieuw laag temperatuursysteem terwijl in de toekomst een heetwaternet beschikbaar komt. Dus ook voor Retrofit geldt dat er een masterplan moet zijn van een toekomstige energiesituatie met een integrale benadering van de warmte- en koudevraag.

3 ECONOMISCHE EVALUATIE

Voor een eerste beoordeling van warmtepompprojecten hanteert men in het algemeen de eenvoudige terugverdientijd (TVT, in het Engels SPOT, Simple Pay Out Time). Bij de eenvoudige terugverdientijd wordt gekeken naar de verhouding tussen de investering en de jaarlijkse netto opbrengst. De ervaring is dat bij een niet al te complexe situatie de interne rentevoet bij een TVT van 5 jaar rond de 15% ligt.

Voor de scans zoals in dit project uitgevoerd zijn, geeft dit een goede eerste indicatie. Er is geen rekening gehouden met subsidies en belastingen. Bij de berekening van de investering wordt een relatief grote post onvoorzien opgenomen voor de investering omdat de details van het project nog niet bekend zijn (in de cases 30%). De jaarlijkse kosten bestaan uit onderhoud en de elektriciteitskosten voor de warmtepomp. De opbrengsten zijn de bespaarde kosten op aardgas bij de stoom- of CV-ketel. Wanneer de warmtepomp ook meewerkt aan actieve koeling, dan kan de besparing op elektriciteit voor de koelcompressoren alsmede de fans (en eventuele pompen) van condensorkoelers ook als besparing meegerekend worden.

Bij een haalbaarheidsonderzoek dat op een scan volgt berekent men doorgaans de variabele terugverdientijd, de Interne RenteVoet en/of de Netto Contante Waarde.

De variabele terugverdientijd is de tijd waarin een investering wordt terugverdiend waarbij wel rekening gehouden wordt met belastingen e.d..

De Netto Contante waarde is de waarde van het project op het investeringsmoment waarbij toekomstige cashflows inclusief restwaarde gecorrigeerd worden voor een bepaalde interne rente r . De cashflow van het n -de een jaar wordt gedeeld door $(1-r)^n$. Deze methode wordt vooral toegepast bij grotere investeringen en bij variërende cashflows (voor bijvoorbeeld periodieke groot onderhoud).

De interne rentevoet is de interne rente waarbij de netto contante waarde precies nul is.

Op de site van RVO zijn hulpmiddelen te vinden om dit soort berekeningen uit te voeren.

Zie [rendementsberekening energie efficiency maatregelen](#).

4 BEST PRACTICES

Vanuit de warmtepompscans⁶ die bij de bedrijven zijn uitgevoerd is gebleken dat de meest kansrijke warmtebronnen die gevonden zijn:

- Reinigingswater (1250 MWh/jr; 15->40 °C)
- Condensorwarmte van koelsystemen (6500 MWh./jr; 30->66 °C)
- Damp uit indampers (5300 MWh/jr; 80->100 °C)
- Luchtdrogers op basis van LiCl (4100 MWh/jr -> 26->40 °C)

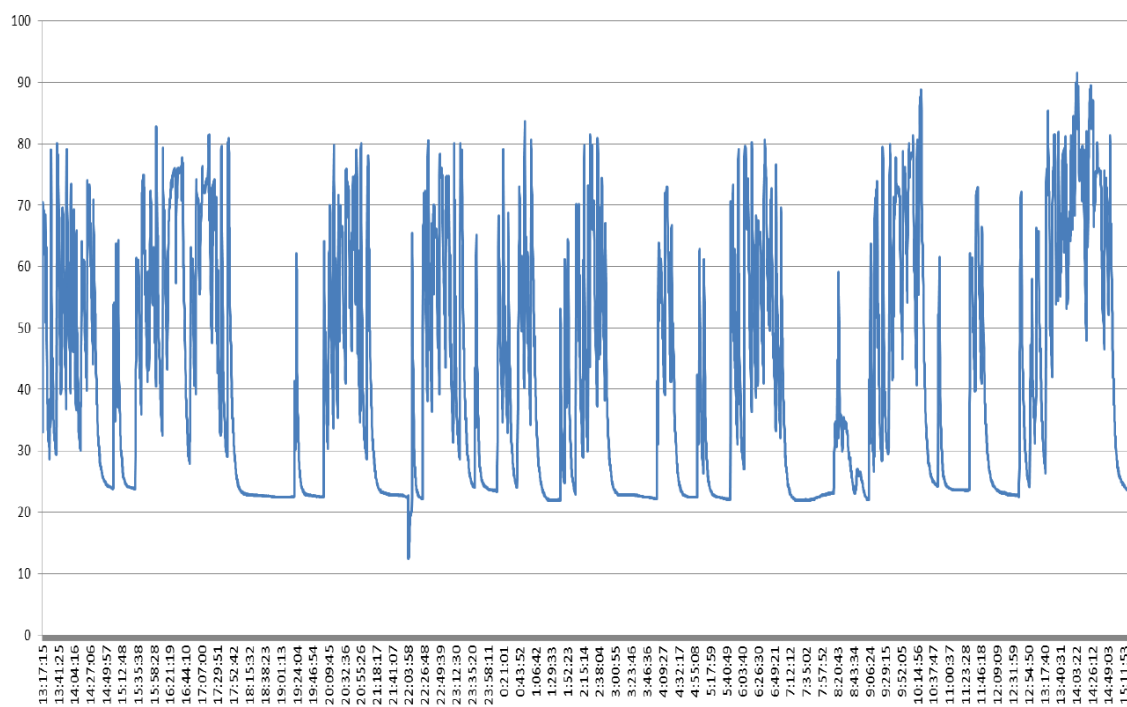
Het betreft allemaal systemen waar minimaal 1250 MWh aan warmte per jaar beschikbaar komt met een temperatuur die (na afkoeling) minimaal 35 °C onder de voedingstemperatuur van de toepassing ligt. Uit het gehanteerde model blijkt overigens dat een ondergrens van 800 MWh/jaar aan beschikbare restwarmte bij een temperatuursprong van 50 °C de ondergrens is voor rendabele toepassing van warmtepompen bij industriële tarieven.

In de volgende paragrafen volgt een beschrijving van de hier boven genoemde cases.

⁶ Parallel aan dit traject is een tool ontwikkeld waarmee op efficiënte wijze de mogelijkheden systematisch in kaart worden gebracht, de zogenaamde "One day heat pump scan". Zie bijlage B.

4.1 Reinigingswater

4.1.1 Beschikbare warmte



Figuur 5. Temperatuurverloop van lozing op een tussenbuffer gedurende een meting van ruim een dag.

Bij met name voedingsmiddelenbedrijven vindt periodieke reiniging plaats door de gebruikte apparatuur te doorspoelen met heet water van 70 – 90 °C, al dan niet voorzien van chemicaliën (CIP; Cleaning in Place). De belangrijkste besparing daarbij is om de eerste spoelgang uit te voeren met het vrijwel schone water dat bij de laatste spoelgang vrij komt. Het meest vervuilde spoelwater verdwijnt warm in het riool. De temperatuur van het afvalwater is afhankelijk van de fase in de spoelgang en de afkoeling tijdens het transport. De afkoeling is groter naarmate de flow lager is. Omdat er veelal sprake is van batchprocessen (het reinigen van tanks en leidingen) fluctueert het temperatuurprofiel sterk (zie voorbeeld in figuur 5).

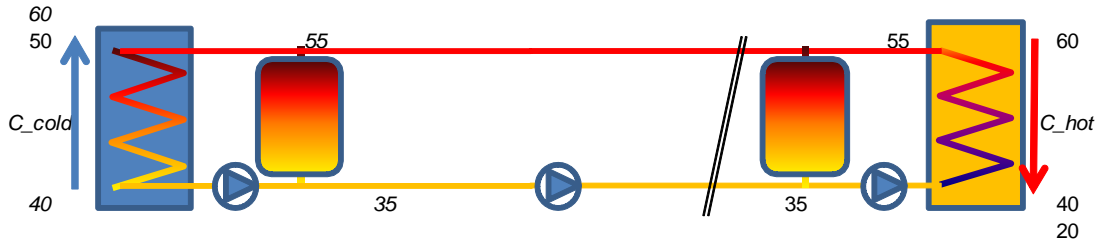
4.1.2 Benodigde warmte

Om een snelle reiniging mogelijk te maken staan bij de meeste voedingsmiddelenbedrijven buffertanks opgesteld met heet water. Zodra er water gebruikt is, worden deze geleidelijk opnieuw gevoed totdat ze weer vol zijn. De verhitte van water vindt doorgaans met stoom plaats, soms met een heetwaterketel of een gasmotor. De laatste oplossingen verdienen energetisch gezien de voorkeur.

4.1.3 Directe warmteterugwinning

Gaan we er van uit dat de heetwaterbuffers gevoed worden met koud leidingwater van bijvoorbeeld 12 °C, dan is directe warmteterugwinning mogelijk. Omdat zowel aan de restwarm-

tezijde als aan de gebruikerszijde al buffers beschikbaar zijn, kan volstaan worden met warmtewisselaars en leidingdiameters die gedimensioneerd zijn op het gemiddelde vermogen.



Figuur 6. Systeemopzet van directe warmteterugwinning met buffers aan restwarmte en gebruikerszijde.

Het doel van reiniging is om tanks en leidingen schoon te maken. Het is dus te verwachten dat het vrijkomende water vervuild is en niet geschikt is om met een platenwarmtewisselaar gekoeld te worden. Bij sterke vervuiling zal daarom voor een buizenwarmtewisselaar gekozen worden, die niet snel verstopt raakt en eenvoudig te reinigen is.

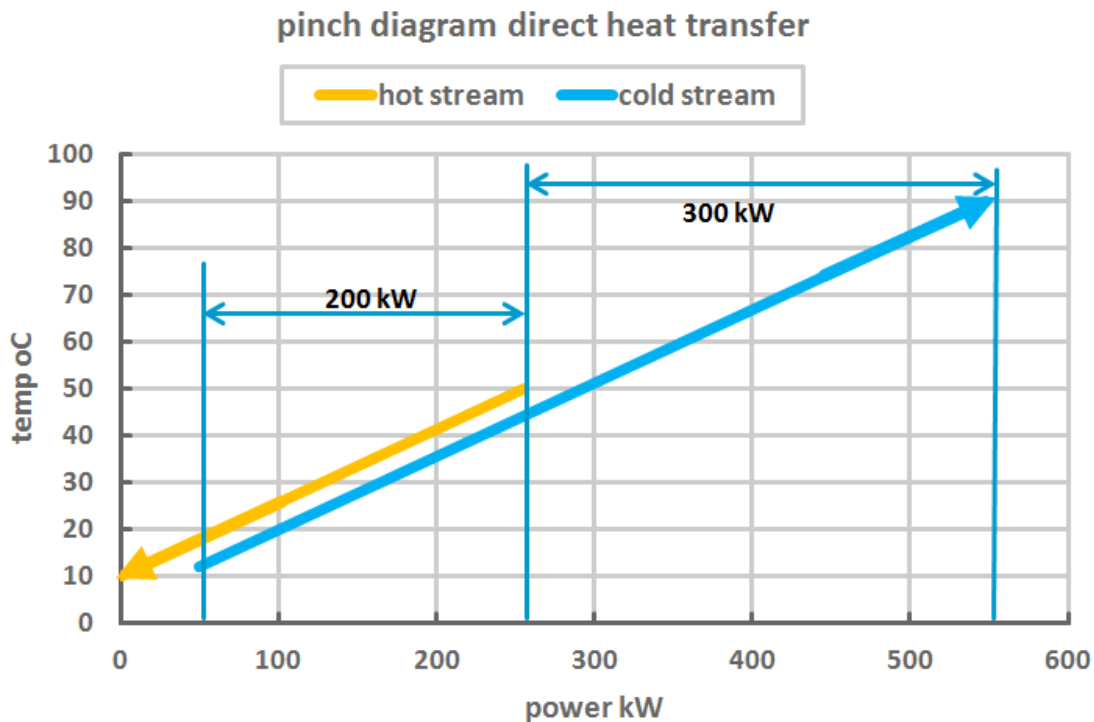


Figuur 7. Buizen warmtewisselaar (bron : Kapp).

Aan de gebruikerszijde kan een standaard platenwarmtewisselaar worden ingezet. Deze zijn compacter en goedkoper dan buizen warmtewisselaars.



Figuur 8. Platenwarmtewisselaar (Alfa Laval).



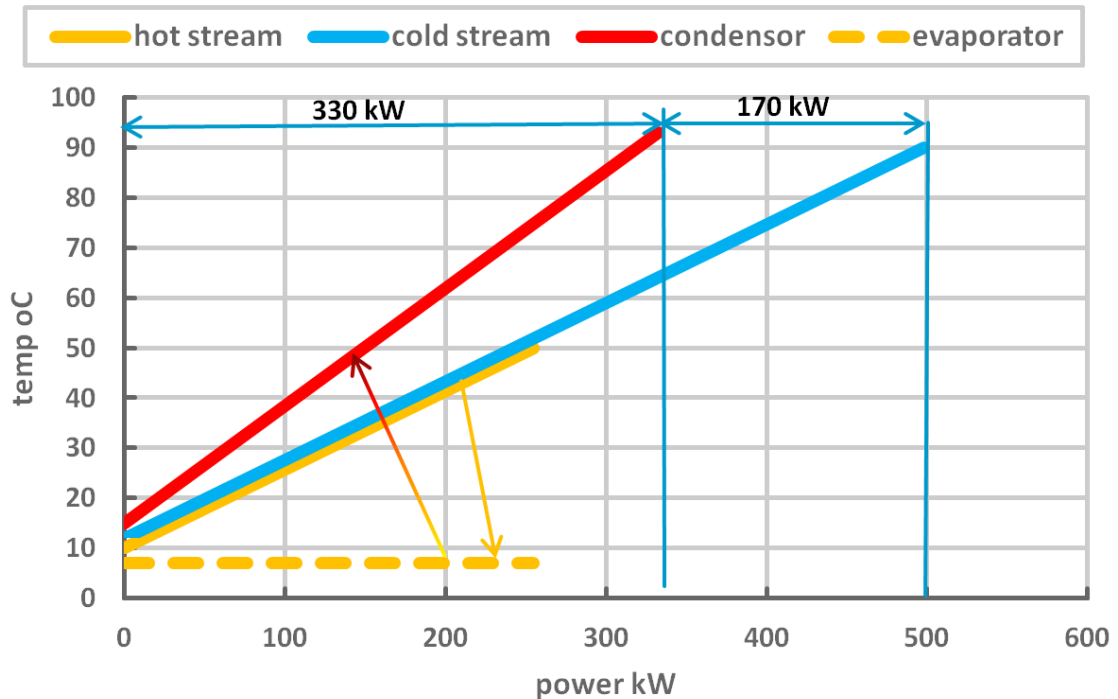
Figuur 9. Pinch diagram directe warmteoverdracht.

Het bovenstaande pinchdiagram (figuur 9.) laat zien dat in één van de onderzochte cases een warmteoverdracht van circa 200 kW mogelijk is, waarmee vers koud leidingwater (cold stream) naar ca. 45 °C kan worden voorverwarmd. De verdere opwarming naar 90 °C moet door het reguliere systeem worden verzorgd (300 kW). De besparing op warmte is 40%. Er zijn alleen pompen nodig om de vloeistof te verpompen.

In een pinchdiagram worden op de horizontale as de cumulatieve vermogens en op de verticale as het temperatuurniveau van warmtestromen weergegeven. De hot stream geeft de sommatie van alle vermogens van restwarmtestromen weer met het bijbehorende temperatuurniveau. De cold stream geeft de op te warmen stromen weer. Om rechtstreekse warmteoverdracht mogelijk te maken is een temperatuurverschil nodig. Daarom moet de hot stream boven de cold stream liggen. De cold stream start dus niet bij nul maar wordt naar rechts verschoven (in dit geval naar ca 50 kW). Dit is gelijk de hoeveelheid warmte die niet direct hergebruikt kan worden. Het gebied waar overlap plaats vindt biedt mogelijkheden voor rechtstreekse warmteoverdracht (in dit geval 200 kW). Het resterende deel (in dit geval 300 kW) moet van buiten worden (na-) verwarmd.

4.1.4 Inzet warmtepomp voor opwarming reinigingswater

pinch diagram CO2 heat pump



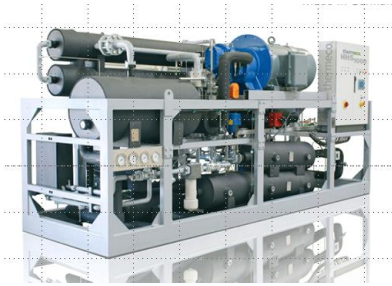
Figuur 10. Temperatuurlift door middel van een CO2 warmtepomp. De warmtepomp dekt 330 kW van de warmtebehoefte waarna nog 170 kW over blijft voor naverwarming met het reguliere systeem (conventioneel).

Het afvalwater kan vanuit de vuilwaterbuffer ingezet worden voor de voeding van de verdamp(er) (evaporator) van een warmtepomp. De verdampertemperatuur is lager dan de eindtemperatuur van het reinigingswater om warmteoverdracht mogelijk te maken (figuur 10.). Wanneer men koud water in één keer wil opwarmen naar een temperatuur van bijvoorbeeld 65 °C dan kan dit goed met een transkritische / CO2 warmtepomp gedaan worden⁷. De condensor heeft dan geen constante temperatuur zoals bij een gewone warmtepomp maar een glijdende temperatuur. Met een COP⁸ van bijna 5 kan daarmee een temperatuurlift van 80 °C bereikt worden. Ten opzichte van rechtstreekse warmte uitwisseling wordt 130 kW meer warmte geleverd met ca. 60 kW elektrisch compressorvermogen.

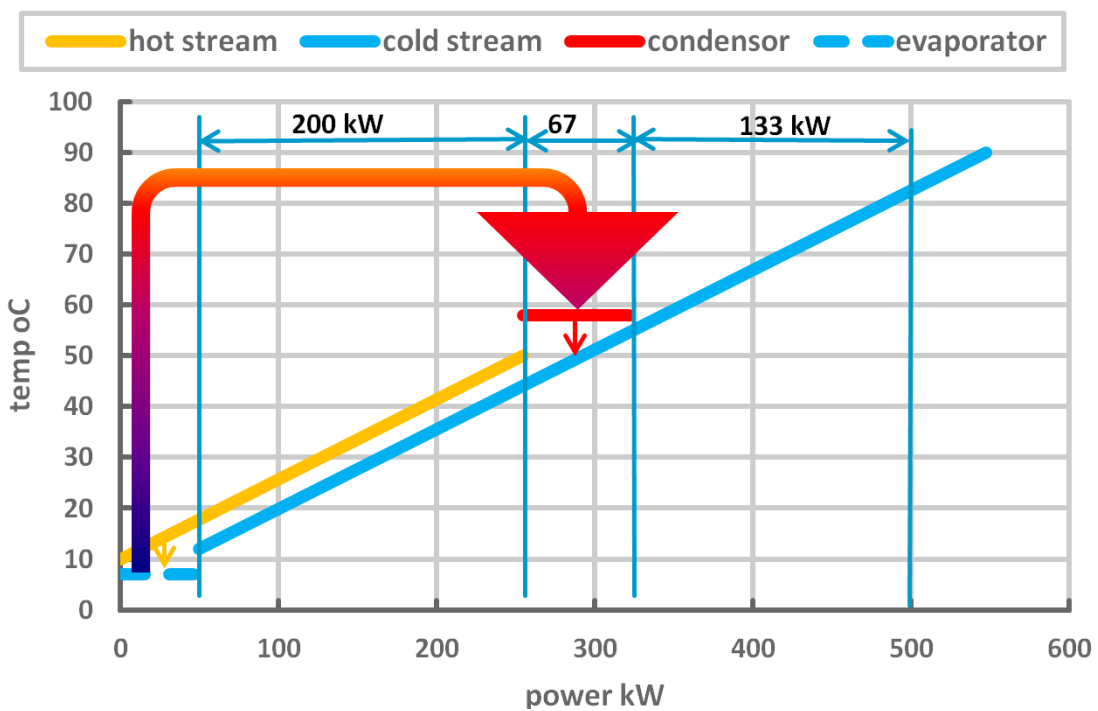
⁷ Voor een heldere uitleg van een CO2 transkritische warmtepomp verwijzen wij naar http://www.industrialheatpumps.nl/nl/techniek/transkritische_co2_warmtepomp/.

⁸ COP staat voor Coëfficiënt of Performance. Dit is gedefinieerd als het quotiënt van de warmtelevering en het benodigde elektriciteitsgebruik. $COP = P_{th}/P_e$.

4.1.5 Inzet warmtepomp en warmtewisselaar



Figuur 11. CO2 warmtepomp (bron : Thermea).

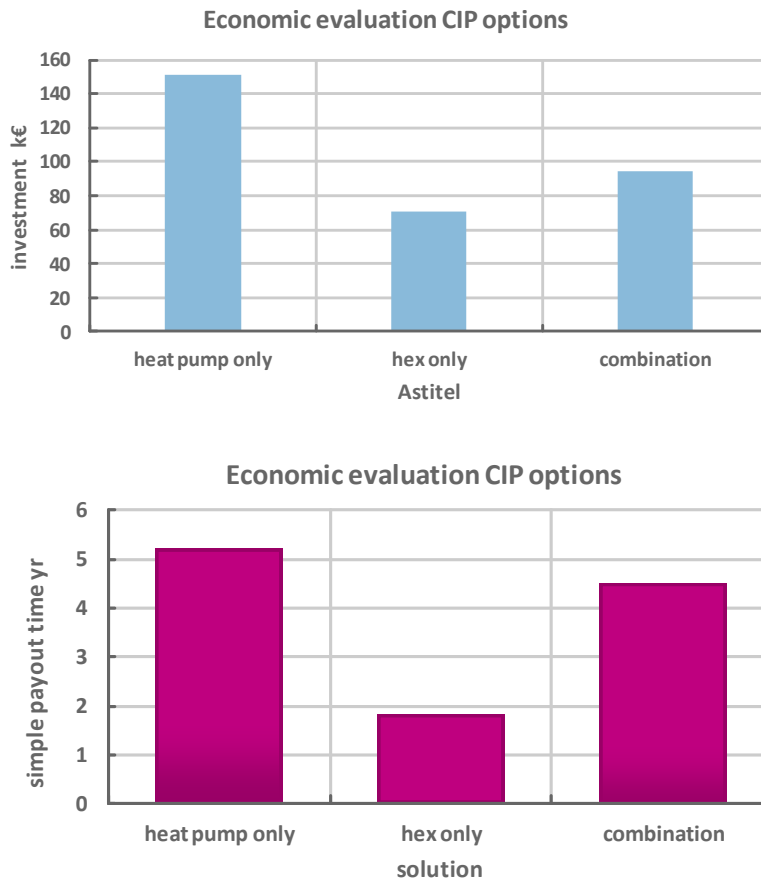


Figuur 12. temperatuurlift nadat warmteuitwisseling is toegepast. Directe warmteterugwinning en de warmtepomp dekken samen 267 kW waarna nog 133 kW over blijft voor naverwarming met conventionele verwarming.

Zoals te zien is in het pinchdiagram van figuur 12. kan de warme stroom nog een graad of tien verder worden afgekoeld. Daarmee kan nog eens 67 kW extra geleverd worden. De resterende warmtebehoefte is dan nog maar 133 kW, energetisch gezien de beste oplossing voor deze case. De temperatuursprong van 10 °C naar 55 °C is op zich goed haalbaar met een reguliere warmtepomp. De COP⁹ is bijna 4, er moet circa 17 kW elektriciteit toegevoegd worden.

⁹ De COP is gedefinieerd als het quotiënt van de geproduceerde warmte en het elektrisch vermogen.

4.1.6 Economie



Figuur 13. Economische evaluatie van oplossingsrichtingen bij hergebruik restwarmte vanuit CIP afvalwater (case).

Op basis van kostenkennallen is een schatting gemaakt van de rentabiliteit van de beschreven opties (zie figuur 13.). Daarbij spelen de volgende factoren een rol:

Investing :

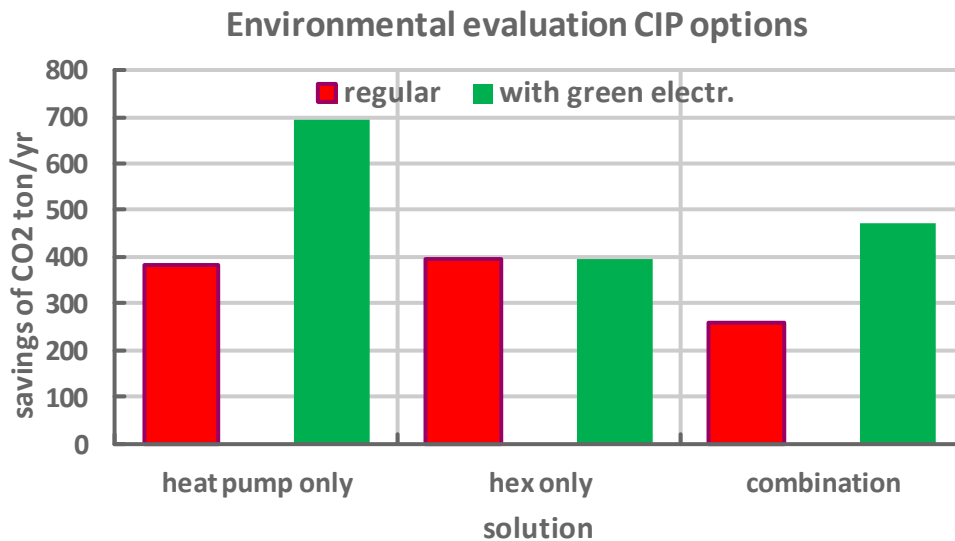
- Warmtewisselaars
- Warmtepomp
- Leidingwerk, pompen en regelaars
- Projectkosten
- Onvoorzien

Kosten en baten :

- Energiebesparing
- Extra elektriciteitsinkoop
- Beheer en onderhoud

Het moge duidelijk zijn dat de uitkomsten case specifiek en niet algemeen geldend zijn. De rentabiliteit van directe warmte uitwisseling is in deze case het hoogst (eenvoudige terugverdientijd ca 2 jaar, zie figuur 13.)).

4.1.7 CO2 winst



Figuur 14. Vergelijking van de emissies voor de verschillende oplossingsrichtingen voor restwarmtegebruik CIP systemen met grijze stroom (rood) en groene stroom (groen).

Om naast een warmtewisselaar ook een warmtepomp te plaatsen levert in dit geval geen grotere CO₂-besparing op¹⁰. Hetzelfde geldt voor de inzet van een warmtepomp alleen. Alleen bij de inzet van groene stroom leveren warmtepompen (heat pump only) een duidelijk groter milieuvoordeel op ten opzichte van de andere opties.

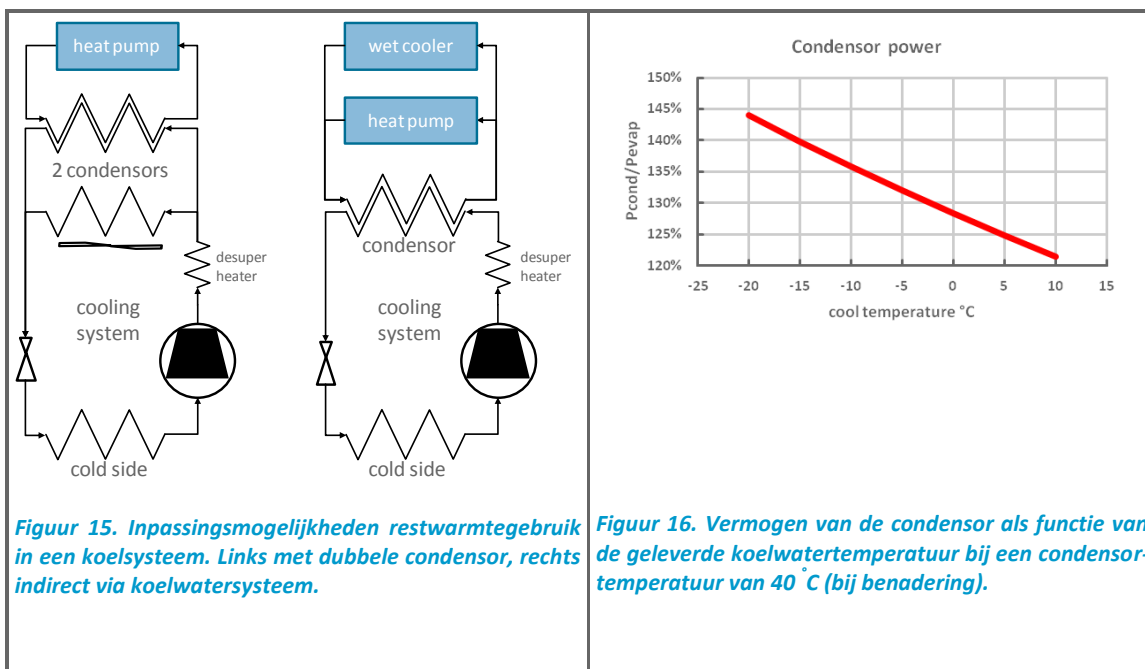
4.1.8 Conclusies

Directe warmteterugwinning uit (CIP-) afvalwater is financieel gezien bijzonder aantrekkelijk. Inzet van een warmtepomp valt in de beschreven case financieel gezien binnen de wettelijke randvoorwaarden.

¹⁰ CO₂ besparing gerekend naar primaire energie (bron CBS over 2013; marginale methode); elektriciteit 620 kg/MWh; warmte 254 kg/MWh (warmte bij 80% systeemrendement met gasketel op onderwaarde).

4.2 Condensorwarmte van koelsystemen

4.2.1 Beschikbare warmte



Bij een productieproces waar constant koeling nodig is, kan de warmte uit het koelsysteem gebruikt worden voor de aanmaak of (voor)verwarming van bijvoorbeeld heet reinigingswater. Het eenvoudigst is de leverancier te vragen een warmtewisselaar aan te brengen waarmee het persgas kan worden afgekoeld (desuperheater). Daarmee kan ruwweg 10% van het koelvermogen als nuttige warmte worden ingezet tot een temperatuurniveau van rond de 50 °C (zie ook www.warmteuitkoude.nl). Een veel groter potentieel vormt de condensorwarmte die zo'n 120-150% van het koelvermogen bedraagt, zij het op een veel lager temperatuurniveau (20-40 °C). Hiermee kan reinigingswater in ieder geval worden voorverwarmd en daarna naverwarmd met een warmtepomp of een gasketel.

Voor uitkoppeling van restwarmte uit het koelsysteem zijn twee mogelijkheden:

1. Plaatsing van een extra condensor parallel aan de reguliere condensor;
2. Gebruikmaken van het koeltorenwater dat opgewarmd is met de condensor.

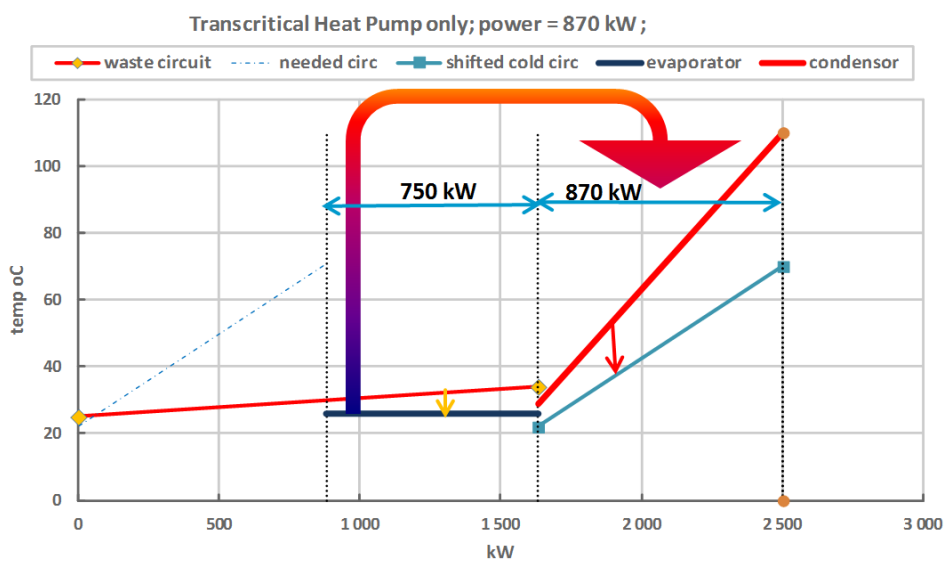
Met name als het koeltorenwater net langs een warmtegebruiker loopt is het aantrekkelijk via dit systeem warmte te onttrekken. Er hoeft dan geen extra leidingnet te worden aangelegd. Er moet wel extra aandacht besteed worden aan de waterkwaliteit en de keuze van het materiaal van de warmtewisselaar omdat koeltorenwater veel zuurstof bevat en corrosief kan zijn.

De hoeveelheid warmte die beschikbaar komt ten opzichte van het koelvermogen is afhankelijk van de leveringstemperatuur van het koelsysteem (zie figuur 16). In de onderhavige case is 170 m³/h van 34 naar 25 °C beschikbaar (1,6 MW) van een koelsysteem op 6 °C (1,3 MW).

4.2.2 Benodigde warmte

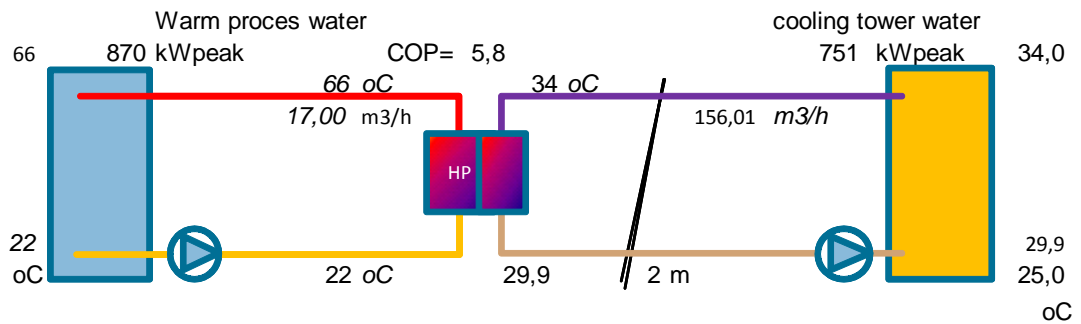
Bij het bedrijf waar de mogelijkheden zijn onderzocht, loopt de koeltorenwaterleiding door de ruimte waar heet proceswater wordt aangemaakt. Dit proceswater wordt gebruikt om product in te weken. Het betreft een continue stroom onthard grondwater van 17 m³/h van 22 naar 66 °C (870 kW).

4.2.3 Inzet van een warmtepomp gevoed met condensorwarmte



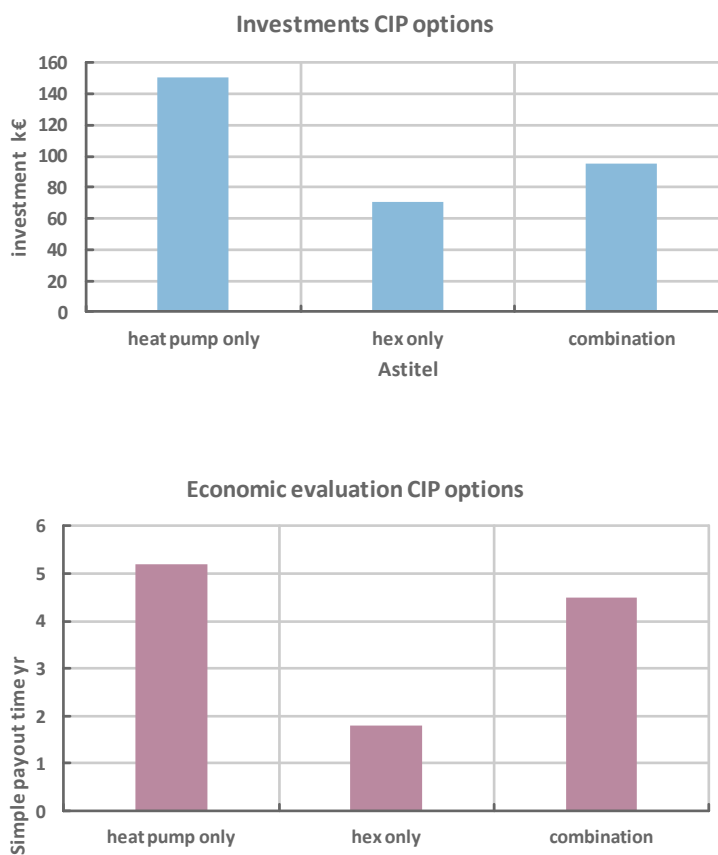
Figuur 17. Voorbeeld van een praktijksituatie waarbij het koeltorenwater van 35 naar 25 °C wordt afgekoeld en volledige opwarming van proceswater naar de gewenste eindtemperatuur middels een transkritische warmtepomp.

In dit geval is de overlap in de temperatuurtrajecten beperkt (ca 140 kW). Inzet van een warmtepomp is daarom gewenst. Gezien het lange temperatuurtraject van opwarming wordt gekozen voor een CO₂ warmtepomp met een variabele temperatuur (“gliding temperature”) aan condensorzijde. Hierdoor is de COP van de warmtepomp aanzienlijk beter dan met een reguliere warmtepomp kan worden bereikt (ca 5,8 ipv 4,5). Het koeltorenwater wordt afgekoeld tot 30 °C en moet nog nagekoeld worden met de koeltoren naar 25 °C.



Figuur 18. Systeemopzet superkritische warmtepomp

4.2.4 Economie



Figuur 19. Economische evaluatie van oplossingsrichtingen bij hergebruik restwarmte vanuit koeltorenwater (case).

Op basis van kostenkennallen is een schatting gemaakt van de rentabiliteit van de beschreven opties. Daarbij spelen de volgende factoren een rol:

Investering :

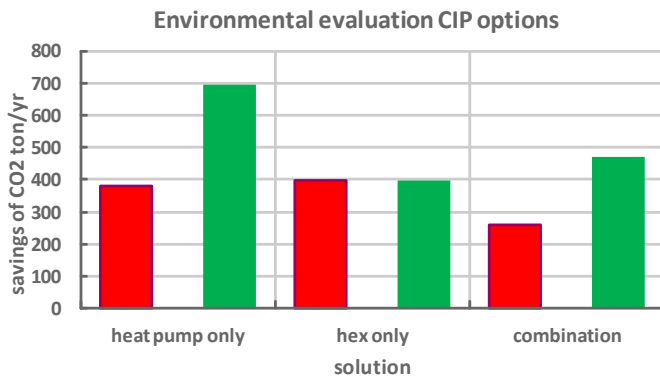
- Warmtewisselaars
- Warmtepomp
- Leidingwerk, pompen en regelaars
- Projectkosten
- Onvoorzien

Kosten en baten :

- Energiebesparing
- Extra elektriciteitsinkoop
- Beheer en onderhoud

Het moge duidelijk zijn dat de uitkomsten case specifiek en niet algemeen geldend zijn. De rentabiliteit van directe warmte uitwisseling is in dit geval het hoogst (eenvoudige terugverdientijd minder dan een jaar, zie figuur 19.)). De transkritische warmtepomp levert het grootste vermogen op binnen een acceptabele terugverdientijd van 4 jaar.

4.2.5 CO2 winst



Figuur 20. Vergelijking van de emissies voor de verschillende oplossingsrichtingen voor restwarmtegebruik uit koeltorenwater met grijze stroom (rood) en groene stroom (groen).

Plaatsing van een transkritische warmtepomp levert in dit geval naast een acceptabele rentabiliteit de grootste CO2-besparing¹¹. Dit wordt veroorzaakt door de hoge COP die daarmee bereikt kan worden.

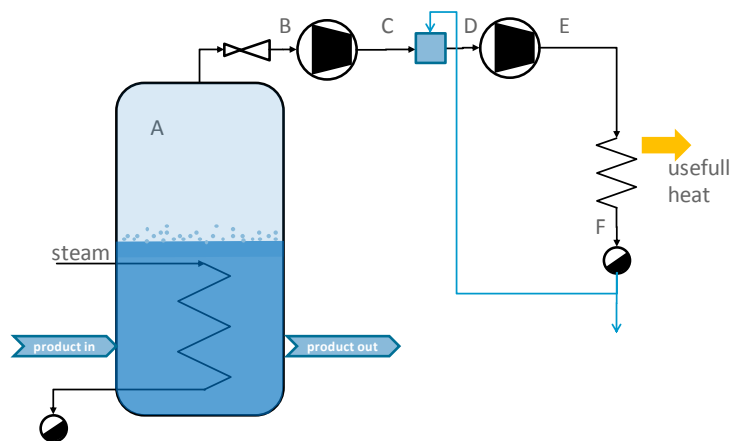
4.2.6 Conclusies

Inzet van een transkritische (CO2-) warmtepomp voor de opwarming van proceswater is in deze case aantrekkelijk vanwege de specifieke temperatuurtrajecten en de korte afstand tussen de beschikbare warmte en de benodigde warmte. Alleen directe warmteuitwisseling levert een kortere terugverdientijd op maar een veel kleinere gasbesparing en vergelijkbare milieuwinst.

¹¹ CO2 besparing gerekend naar primaire energie; elektriciteit 620 kg/MWh; warmte 254 kg/MWh (dat is bij 80% systeemrendement op onderwaarde).

4.3 Damp uit indampers

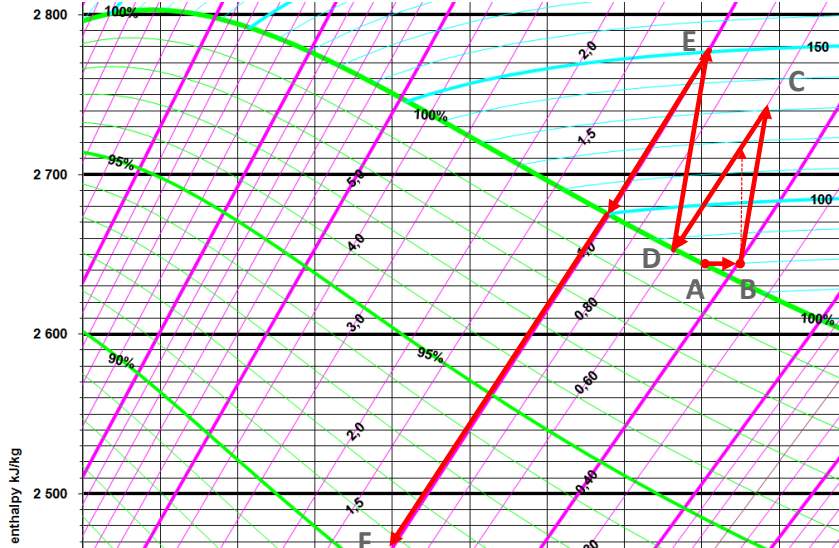
4.3.1 Restwarmte uit indampers



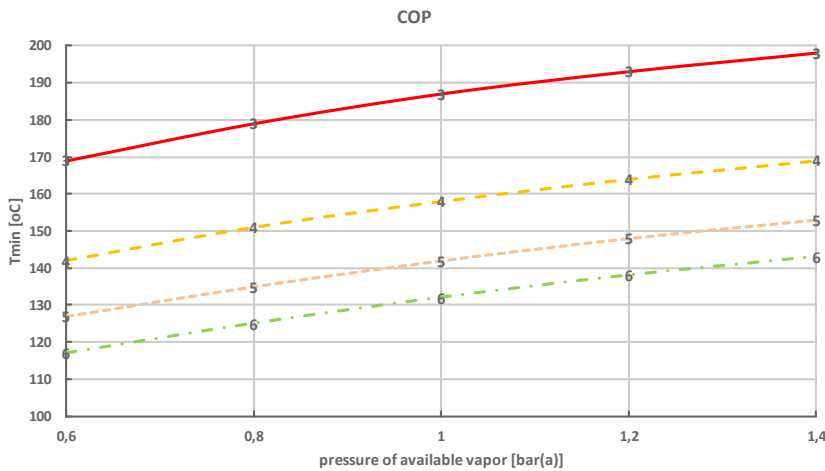
Figuur 21. Schematische weergave van een indamper of reactor met damprecompressie.

Indampers worden toegepast in de voedingsmiddelenindustrie zoals bij de productie van melkpoeder en suiker. Ook in de chemische industrie worden indampers ingezet met water als reactieomgeving. De damp in de indamper cq reactor (A) expandeert in een drukregelaar (B) en is in beginsel beschikbaar als restwarmte. Het temperatuurniveau waarbij het grootste deel van de beschikbare (latente) warmte komt wordt bepaald door de druk waarbij condensatie plaats vindt. Door de druk te verhogen (B-E), bijvoorbeeld met tussenkoeling door condensaatinjectie, kan dit temperatuurniveau verhoogd worden waardoor de restwarmte breder inzetbaar is (E-F).

4.3.2 Beschikbare warmte



Figuur 22. Weergave van mechanische damprecompressie in het Mollierdiagram voor stoom. A-B regelafsluiter; B-E tweetrapscompressie met tussenkoeling; E-F afkoeling en condensatie.



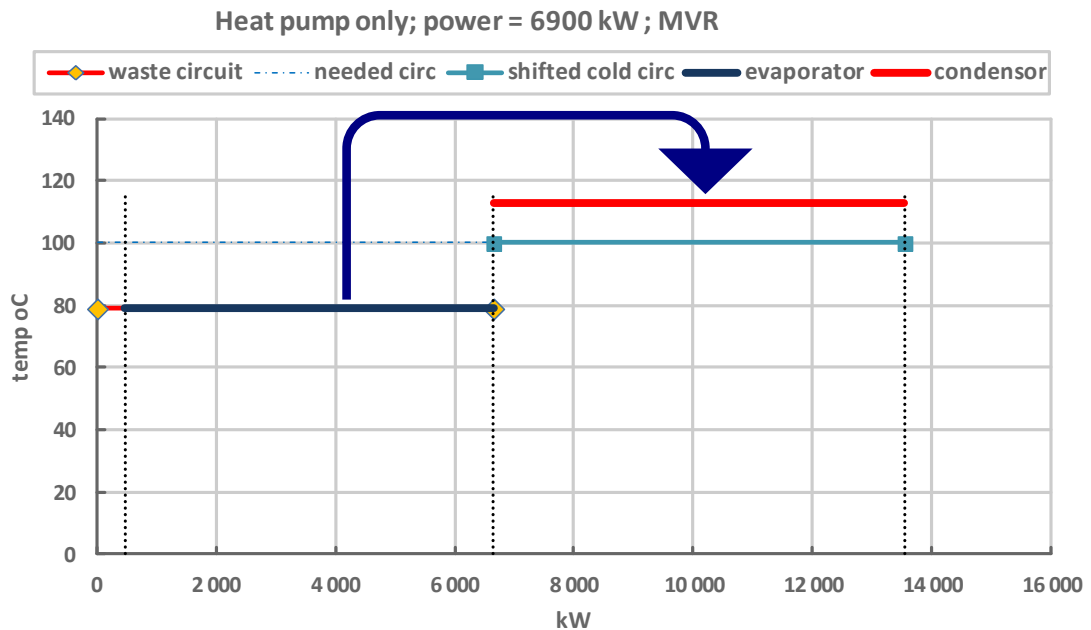
Figuur 23. COP lijnen voor verschillende situaties waarbij damp beschikbaar is. Voorbeeld : Bij damp met een druk van 1 bar kan met een COP van 4 een productstroom opgewarmd worden tot 158 °C. Uitgegaan van een temperatuurverschil van 10 K over de warmtewisselaar en een tweetraps-compressie met tussenkoeling volgens schema figuur 22.

Bij continue processen kan als eerste benadering een beschikbaar vermogen van rond de 600 kW per ton lagedrukstoom worden gehanteerd. Afhankelijk van de beschikbare druk en de gewenste eindtemperatuur van de op te warmen stroom kan vervolgens de COP en daarmee het geleverde vermogen berekend worden uit $P = P_{\text{damp}} \times \text{COP} / (\text{COP} - 1)$.

Als voorbeeld dient een indamper waar 10,3 ton/h van 79 °C verzadigde damp beschikbaar is (6,6 MW).

4.3.3 Benodigde warmte

Bij indampers bestaat de warmtebehoefte uit de opwarming van het product tot kooktemperatuur en de verdamping van vloeistoffen met een lager kookpunt. Bij reactoren komt daar nog een correctie voor de energie die vrij komt of nodig is voor de reacties (exotherm of endotherm). In de fabriek van dit voorbeeld is een andere indamper in de buurt die onder atmosferische omstandigheden 11 ton/h verdampt (ca 7 MW).

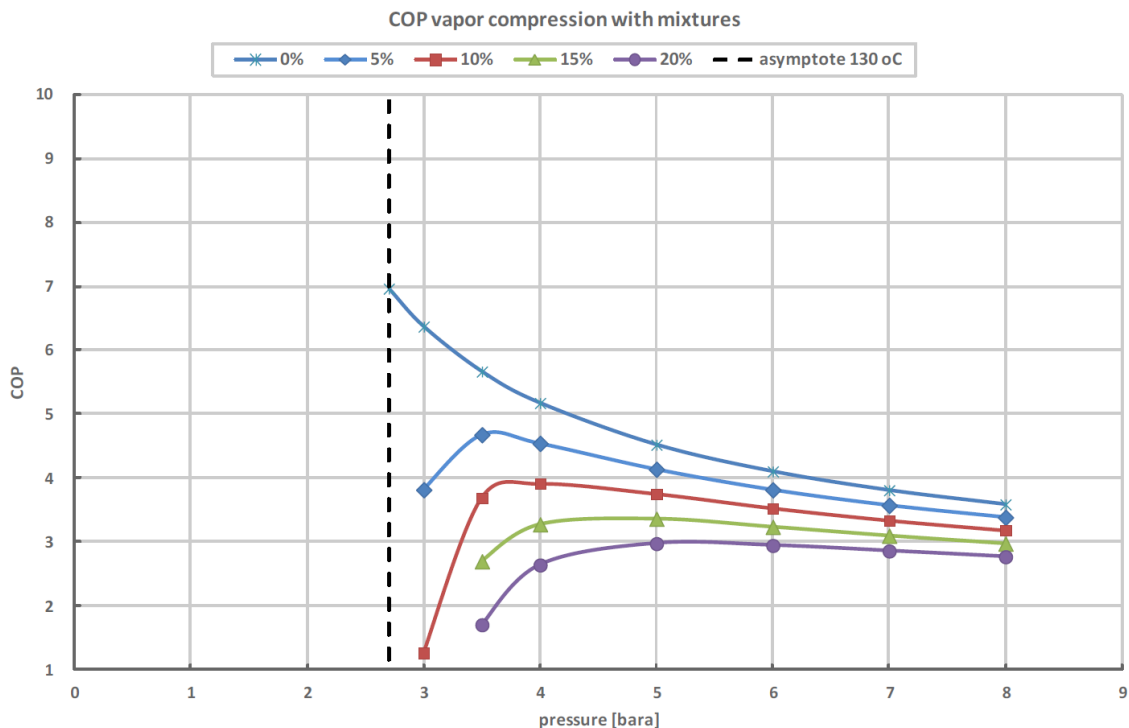


Figuur 24. Temperatuurtrajecten bij een case waar mechanische damprecompressie interessant is.

4.3.4 Inzet mechanische damprecompressie

De vrijkomende damp op 79 °C dient gecompriemd te worden tot een druk waarbij met condensatie het medium tot 100 °C verwarmd kan worden. Gaan we uit van een temperatuurverschil over de warmtewisselaar van 15 °C dan is dit een druk van 1,7 bar(a) / 115 °C condensatietemperatuur. Met een temperatuursprong van 36 °C kan met een systeem met tussenkoeling door condensaatinjectie een COP van ruim 7 worden bereikt.

4.3.5 Invloed niet condenserende gassen in damp



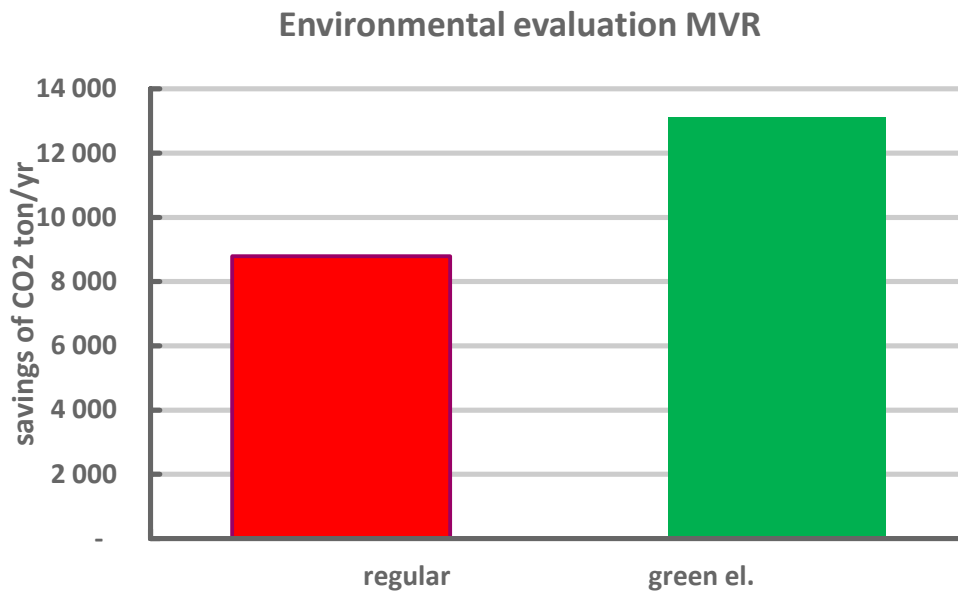
Figuur 25. Voorbeeld van de invloed op de COP in een situatie waarbij het gecomprimeerde gas niet 100% uit damp bestaat maar een percentage niet condensierend mengsel aanwezig is.

Bij droog- bak- en chemische processen kan het voorkomen dat de damp niet 100% zuiver is. In dat geval zal de damp niet volledig als puur condensaat kunnen worden afgevoerd. Een deel zal namelijk als damp met het gas uit het systeem moeten worden verwijderd. Het comprimeren van het gas en de damp die niet condenseert levert geen latente warmte op. Het systeem rendement (COP) wordt daarom lager naarmate er meer gas meekomt met de damp.

4.3.6 Economie

In de situatie waarbij 10 ton/h aan damp bij vrijwel continue procesvoering benut kan worden en de afstand tussen beschikbaarheid en inzet niet te groot is (in dit geval 50 meter) is de eenvoudige terugverdientijd rond de 2 jaar bij een investering van 1,8 M€.

4.3.7 CO2 winst



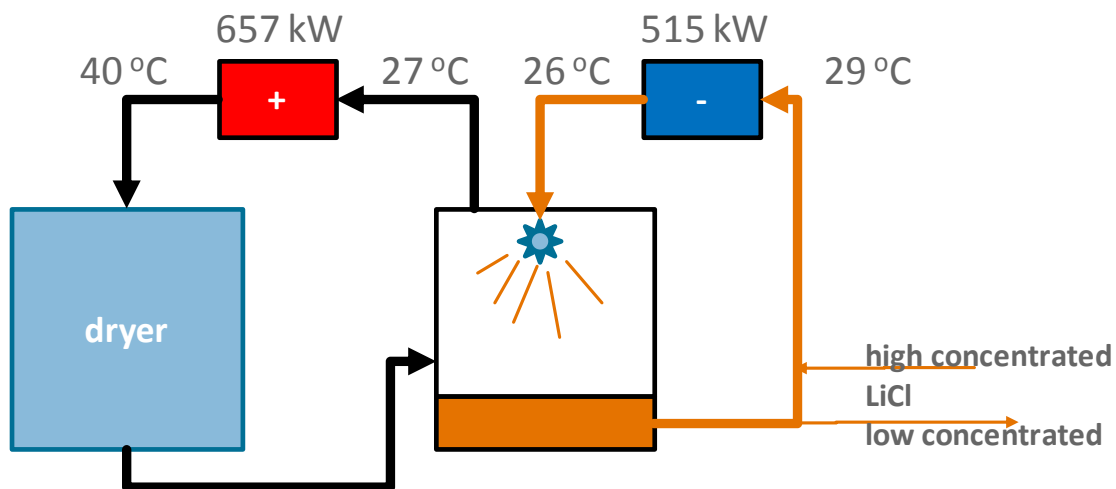
Figuur 26. CO2 besparing in het voorbeeld met MVR voor zowel inkoop grijze stroom als groene elektriciteit.

De besparing van CO2 bij een systeem van bijna 7 MWth is bij een temperatuursprong van 30 K op jaarbasis rond de 9 kton/jaar. Bij inkoop van groene stroom is dit bijna 1,5 keer zoveel.

4.3.8 Conclusions

Inzet van mechanische damprecompressie is bij een kleine temperatuursprong bijzonder aantrekkelijk zowel vanuit financieel oogpunt als vanuit de milieuwinst.

4.4 Luchtdrogers op basis van LiCl



Figuur 27. Vereenvoudigd processchema laag temperatuur droger gevoed met gedroogde lucht middels LiCl injectie.

Eén van de cases betrof een laag temperatuur droogstelsel voor kwetsbare producten. De drooglucht circuleert over de droger en wordt verwarmd tot een temperatuur van 40 °C. De retourolucht wordt gedroogd in een ruimte waarin water met een hoge concentratie LiCl wordt geïnjecteerd. Een deel van het circulerende concentraat wordt ververs met geregenerateerde vloeistof. De vloeistof moet gekoeld worden voor de injectie.

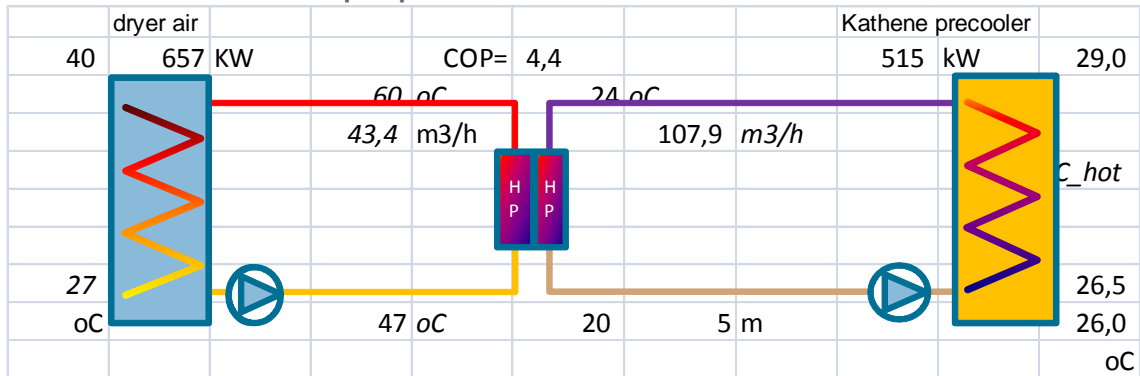
4.4.1 Beschikbare restwarmte

De koeling van het LiCl concentraat geschiedt door koeling met koelwater van 7 °C. Door toepassing van een aanzienlijk grotere warmtewisselaar zou dit verhoogd kunnen worden naar 21 °C. Het benodigde vermogen om het concentraat van 29 naar 26 °C te koelen is 515 kW. Hiervoor is ca 170 kW voor nodig (afhankelijk van het seizoen).

4.4.2 Benodigde warmte voor opwarming van drooglucht

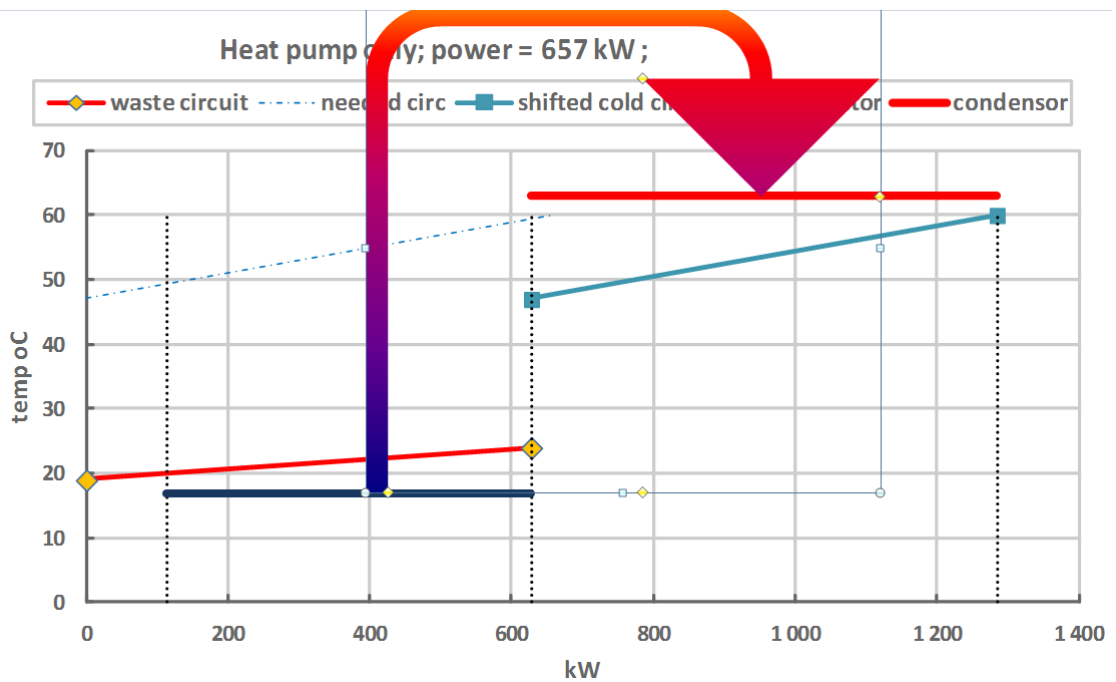
De drooglucht moet opgewarmd worden van 27 naar 40 °C. De verwarming geschiedt momenteel met stoom. Wanneer gebruik gemaakt wordt van een watercircuit zou dit met water van 60 °C kunnen worden gerealiseerd. Het benodigde vermogen is 657 kW.

4.4.3 Inzet van een warmtepomp



Figuur 28. Warmtepomp in een lage temperatuur droger.

De afstand tussen de warmtewisselaars is beperkt tot 5 meter. Inzet van een warmtepomp bespaart zowel op stoom als op koelwater. Door de vergrote warmtewisselaars is de temperatuursprong $60 - 21 = 39$ K. Dit levert een acceptabele COP op van rond de 4. Vrijwel het volledige vermogen van de koeler kan worden benut.

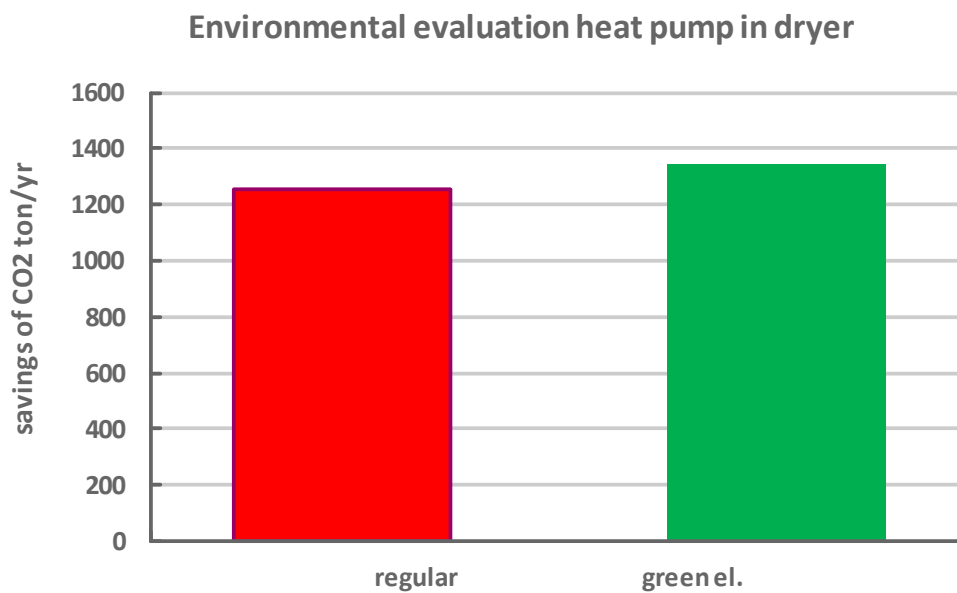


Figuur 29. Pinch diagram van de configuratie van de warmtepomp in de laagtemperatuurdroger.

4.4.4 Economie

In de beschreven case wordt zowel stoom als koude bespaard. De investering bedraagt circa 2 ton. De eenvoudige terugverdientijd komt tussen de 2 en 3 jaar te liggen.

4.4.5 CO2 winst



Figuur 30. CO2 impact van plaatsing van een warmtepomp van 657 kW in een droogstelsel.

De milieuwinst is in het beschreven geval ruim 1200 ton CO2 per jaar. Aangezien de toename van het elektriciteitsgebruik minimaal is omdat ook op koel-energie wordt bespaard is de winst bij inkoop van groene stroom nagenoeg hetzelfde. In feite vervangt de warmtepomp de koelmachine.

4.4.6 Conclusies

Inzet van een warmtepomp die koelwarmte van een LiCl – lucht-droogstelsel gebruikt voor de opwarming van drogerlucht is bijzonder aantrekkelijk omdat zowel op warmte als op koude wordt bespaard. De CO2 winst komt vooral voort uit de besparing op stoom.

5 KANSEN EN KNELPUNTEN

De deelnemers aan het project is gevraagd welke kansen en knelpunten zij zien bij de realisatie van de plannen. Daarnaast heeft Energy Matters een aantal waarnemingen toegevoegd vanuit de contacten in het veld.

5.1 Kansen

Met warmtepompen kunnen bedrijven hun (groen) **kosten besparen en hun imago verbeteren** door de bereikte energiebesparing en CO2 reductie.

Op de **markt** komen steeds meer warmtepompen ter beschikking die geschikt zijn voor de industrie en opereren op temperaturen tegen de honderd °C en zelfs daar boven, tevens komen er steeds meer warmtewisselaars ter beschikking die om kunnen gaan met verontreinigende restwarmtestromen.

Er zijn voldoende kansen voor de marktintroductie van industriële warmtepompen. Vrijwel overal zijn **meerdere mogelijkheden** gevonden om warmtepompen of mechanische dampcompressie in te zetten.

Met name waar al **warmte gebufferd** wordt (heet watersystemen, afvalwater) kunnen ook batchprocessen voorzien worden van warmtepompen.

In systemen met **schoon water** zijn de kosten van warmtewisselaars en leidingen relatief laag en bieden goede kansen voor warmtepompen. Gezien het kleine temperatuurverlies over de warmtewisselaars kan de temperatuursprong beperkt blijven, dit in tegenstelling tot systemen met lucht.

Warmtepompen en mechanische dampcompressie bieden de **mogelijkheid te switchen tussen aardgas en elektriciteit**, waarmee ingespeeld kan worden op de marktsituatie voor elektriciteit (APX).

De beschikbare **hulpmiddelen** om een scan (de warmtepompscan) uit te voeren op basis van pinchtechnologie leidt tot een goed inzicht van de mogelijkheden voor restwarmtebenuutting en warmtepompen (zie ook bijlage B).

Vanuit de **milieuwetgeving** moeten projecten met een interne rentevoet van 15% of hoger worden uitgevoerd. Toezichhouders gaan meer aandacht geven aan het thema energie waardoor verwacht mag worden dat ook restwarmte aandacht krijgt.

5.2 Bedreigingen

De projecten vragen een **kapitaalbeslag** dat concurreert met projecten in de productie met een veel hogere rentabiliteit.

Sommige bedrijven hebben productielijnen met een **onzekere bestaanshorizon** die mogelijk korter is dan de wettelijke terugverdientermijn van 5 jaar.

Hoewel realisatie bijna volledig door externen kan worden uitgevoerd is voor de projecten toch ook interne **mankracht** nodig voor begeleiding. Dit past niet altijd in een tijd waarin bezuinigd wordt op personeel (lean management).

Veel bedrijven hebben al diverse maatregelen genomen voor directe warmteterugwinning waardoor de restwarmte alleen op een zeer **lage temperatuur** beschikbaar is. De temperatuursprong om hier nuttige warmte van te maken is in die gevallen te hoog.

Naast een gebrek aan mankracht is er ook een gebrek aan **kennis** rond de mogelijkheden van warmtepompen. De meeste bedrijven weten niet wat er op de markt beschikbaar is en waar warmtepompen kunnen worden ingezet. Dit pleit er voor om toeleveranciers te stimuleren procesgeïntegreerde warmtepompen toe te passen zoals in drogers, CIP-systemen en pasteurisatie-units.

Met name bij vervuilende restwarmtestromen zoals afvalwater en ovdampen zijn er soms onterechte zorgen over vervuiling van de warmtewisselaars en onvoorziene **onderhoudskosten**.

Het eigen personeel is onbekend met warmtepompen waardoor bij storingen op externen teruggevallen moet worden hetgeen de **responsietijd** niet ten goede komt.

Door meerdere energiesystemen in te passen neemt de **complexiteit** toe waardoor storingen minder snel opgelost kunnen worden.

Bij extra warmtewisselaars in processtromen kunnen **procesparameters** beïnvloed worden en is er mogelijk meer tijd nodig voor **reiniging** (CIP).

Sommige technische ruimtes zijn zo vol dat er **geen ruimte** beschikbaar is voor plaatsing van een warmtepomp. Een buitenopstelling in een container is dan een optie maar niet altijd mogelijk.

Sommige **batchprocessen** kennen variabele temperatuurtrajecten waardoor een warmtepomp slechts een deel van de tijd inzetbaar is hetgeen de rentabiliteit niet ten goede komt.

Sommige bedrijven hebben een grote **afstand** te overbruggen tussen de restwarmtebron en de gebruiker waardoor het warmtepompproject onrendabel wordt. Dit is met name het geval als bron en gebruiker niet in hetzelfde gebouw zitten.

Sommige bedrijven hebben veel kleine restwarmtebronnen zodat een **restwarmtenet** moet worden aangelegd om deze te verzamelen. Dit zijn soms grote investeringen met een relatief lange terugverdientijd.

Bedrijven met **warmtekracht** zien dat door besparingen meer op deellast gedraaid gaat worden waardoor het rendement af neemt. Bij het bereiken van de ondergrens van de capaciteit kunnen er storingen ontstaan.

5.3 Observaties

Veel bedrijven hebben al diverse maatregelen genomen voor directe warmteterugwinning waardoor de restwarmte alleen op een zeer **lage temperatuur** beschikbaar is. De temperatuursprong om hier nuttige warmte van te maken is in die gevallen soms te hoog.

Met **directe terugwinning** van warmte wordt vaak al een groot deel van de besparing bereikt. Een additionele warmtepomp heeft dan weinig toegevoegde waarde, ondanks dat deze een terugverdientijd heeft binnen de wettelijke eis.

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Bij vrijwel alle bedrijven zijn rendabele mogelijkheden voor de toepassing van warmtepompen gevonden (zie bijlage A). In dit rapport zijn er een viertal uitgelicht. De scanmethode heeft op systematische wijze in kaart gebracht waar de beste mogelijkheden liggen en wat het technisch potentieel is. Alle bedrijven gaan verder met de uitwerking van de kansen of het zoeken naar alternatieven.

De beste kansen ontstaan wanneer bedrijven een hoge bedrijfstijd hebben, het over behoorlijke vermogens gaat met bij voorkeur continue, schone en vloeibare warmtestromen, de temperatuursprong niet te groot is, de afstand tussen vraag en aanbod niet te groot is, de verhouding tussen het differentiële aardgas en elektriciteitsstarief hoog is, het proces niet beïnvloedt wordt door extra warmtewisselaars en er uitbreidingen of vervangingsinvesteringen op stapel staan waarbij de warmtepomp geïntegreerd kan worden. Bij batchprocessen zijn in het algemeen warmtebuffers nodig om het vermogen te beperken.

Bij de meeste deelnemende bedrijven zijn nog meer mogelijkheden vastgesteld die niet verder uitgewerkt zijn. Het zou jammer zijn als deze kansen onbenut blijven. Opvallend is de drempel die bedrijven hebben om externe begeleiding in te schakelen. De economie laat kennelijk nog steeds niet toe dat bedrijven investeren in lange termijn ontwikkelingen. In deze overgangssituatie kan via de overheid ondersteuning aangeboden worden om in ieder geval een aantal goede demonstratieprojecten te hebben die bij het aantrekken van de economie navolging krijgen.

Het gebrek aan deskundigheid en mankracht kan ook ondervangen worden door toepassing van procesgeïntegreerde warmtepompen zoals bij drogers, CIP systemen en pasteurisatie units. RVO zou deze branches via NAP actief kunnen benaderen.

Opvallend is de onbekendheid van bedrijven met de eigen energiesituatie op restwarmtegebied en de technische mogelijkheden van warmtepompen, warmtewisselaars. Zoals aangegeven in het “communicatieplan Industriële Warmtepompen”¹² Zullen zowel eindgebruikers als intermediairs goed geïnformeerd moeten worden om deze onbekendheid weg te nemen. Om inzicht te krijgen in de eigen energiesituatie zullen MJA bedrijven gestimuleerd moeten worden een restwarmtescan uit te voeren in het kader van de MJA/MEE en vanuit de Wet Milieubeheer¹³.

De rentabiliteit van de toepassing van warmtepompen is in veel gevallen ruimschoots binnen de wettelijk gestelde norm. Desondanks zijn bedrijven voorzichtig met investeren gezien de technische (beleefde) onzekerheden en de intern concurrerende projecten. Er zouden per branche een aantal warmtepompprojecten ondersteund moeten worden bij de “early adapters” om onzekerheden weg te nemen en meer bekendheid te genereren. Mogelijk moet zelfs een SDE budget worden gereserveerd om de kleinere minder renderende projecten te ondersteunen. Inzet van restwarmte is CO₂ besparend en (net zoals in de gebouwde omgeving) duurzaam te noemen.

Wat de Gebruikersgroep Hogetemperatuur Warmtepompen betreft deze heeft een grote overlap met het Platform Industriële Warmte. De werkgroep zou bij de verdere uitwerking van de plannen in stand kunnen worden gehouden zodat na realisatie van restwarmtebenutting bij elkaar “in de keuken” kan worden gekeken samen met andere leden van het Platform. De informatievoorziening via de website van het Platform en linked_in zou ondersteuning kunnen

¹² ir. J.M. Griff iov RVO 14 Nov 2012

¹³ Zo heeft de Omgevingsdienst NoordZeekanaalGebied al trainingen op restwarmtegebied geïnitieerd

gebruiken. Er zijn inmiddels informele contacten met de ander Platforms zoals de Nederlandse Werkgroep Drogen en PIN. De communicatie zou ook via deze kanalen kunnen worden opgezet.

Samenvattend kan gesteld worden dat er om de marktintroductie van industriële warmtepompen te stimuleren er een sterke behoefte aan een betere informatieverstrekking is zoals een systematische benadering van potentiële gebruikers en intermediairs alsmede het opzetten van pilots om de werking van warmtepompen te demonstreren en de onzekerheden weg te nemen.

A DEELNEMERS GEBRUIKERSGROEP HOGETEMPERATUUR WARMTEPOMPEN

FujiFilm - Tilburg

Akzo - Herkenbosch

Trobas - Dongen

Arla Foods - Nijkerk

Huhtamaki - Ierland

Givaudan - Naarden

Cosun – Rijkevorsel (Be)

Cosun - Anklam (D)

TCKI

B GEVOLGDE AANPAK VAN DE SCAN

De meeste bedrijven in de food kopen grondstoffen koud in en leveren ze weer koud af. En toch zijn er miljoenen kuubs aardgas nodig om het proces in gang te houden. Wat klopt er niet?

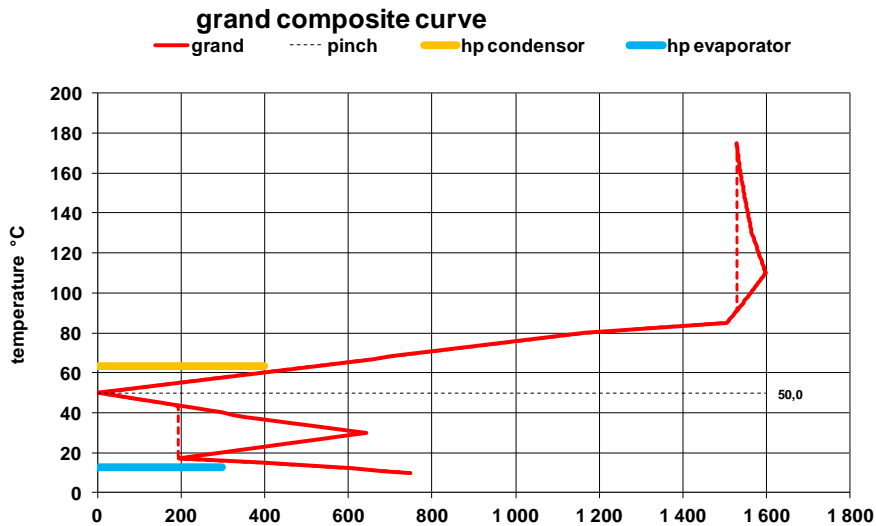
De politiek heeft het over circulaire bedrijven : bedrijven die hun grondstof- en waterkringlopen sluiten. Daar hoort warmte ook zeker bij, maar dat wordt vaak vergeten. Dit terwijl het vrij eenvoudig is het potentieel vast te stellen. Hoe gaat dat in zijn werk?



Aanpak

De eerste stap is alle grotere warmtestromen in kaart te brengen. Dit zijn restwarmtestromen van bijvoorbeeld schoorstenen, koelinstallaties en persluchtcompressoren. Maar ook de plaatsen waar iets wordt opgewarmd. Hiervan moet je de vermogens, de bedrijfstijden, de temperaturniveaus en de coördinaten kennen.

Vervolgens bepaal je het besparingspotentieel. Hiervoor haal je de verzamelde gegevens door een pinch programma waaruit een zogenaamd pinch diagram tevoorschijn komt. Hiermee kun je in één oogopslag de minimale koude en warmtebehoefte aflezen. Dit geeft een indicatie van het belang om verder te kijken.



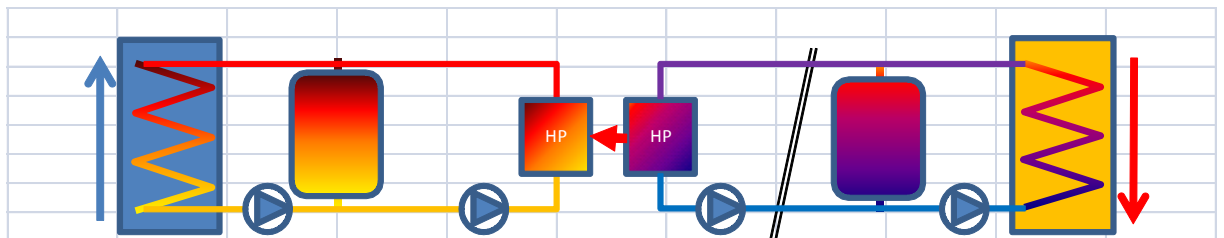
Pinchdiagram van een praktijkcase

Kansrijke koppelingen

Vervolgens bepaal je de kansrijke koppelingen. Ook dit is geautomatiseerd. Voor iedere koppeling bereken je globaal de kosten en baten. De leidingkosten volgen uit de benodigde diameters en afstanden. De kosten voor warmtewisselaars op basis van het temperatuurverschil en kostenkennallen. De kosten van eventueel benodigde buffervaten op basis van de tijd dat je zonder warmte-aanbod of -vraag moet overbruggen.

Er zijn drie oplossingsrichtingen:

1. Directe warmte uitwisseling
2. Koppeling middels een warmtepomp of Mechanische dampcompressie
3. Combinatie van directe warmte uitwisseling en naverwarming met een warmtepomp.



Principeschema van een directe warmtepompkoppeling tussen twee batchprocessen

Het toepassen van hoge temperatuur warmtepompen behoort tot de mogelijkheden. Standaard warmtepompen halen al 120 °C. Boven die temperatuur kun je al mechanische dampcompressie inzetten. De temperatuursprong mag echter niet te hoog zijn om de elektriciteitskosten te beperken.

Op basis van de economische analyses van alle koppelingen volgt welke bronnen of gebruikers te klein of te geïsoleerd liggen om nuttig te kunnen worden ingezet. De overgebleven opties moeten vervolgens beoordeeld worden op de mogelijkheden van koppeling bijvoorbeeld door aanleg van een restwarmtenet, waarop meerdere bronnen en gebruikers zijn aangesloten.

Zie ook “[one day heat pump scan](#)”

Energy Matters helpt u bij het realiseren van een efficiënte, schone en betrouwbare energievoorziening.



Princenhofpark 10
3972 NG Driebergen
Postbus 197
3970 AD Driebergen
T +31 (0)30 691 1844
F +31 (0)30 691 1765
E info@energymatters.nl
I www.energymatters.nl

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag
T +31 (0) 88 042 42 42
E klantcontact@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van
Economische Zaken en Klimaat

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | februari 2018

Publicatienummer: RVO-025-1801/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam,
agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het
vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving.
RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en
Klimaat.