



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland



Eindrapportage VEKI119018 - Warmtepompen op de afvalwaterzuivering

Projectperiode: 1 januari 2020 – 31 december 2021

Locatie

Kamerlingh Onneslaan 9
3421 MZ IJsselstein

Aanvrager

Westfort Slachterij B.V.
Kamerlingh Onneslaan 9
3421 MZ IJsselstein

Contactpersoon

De heer Robbert van 't Hoff – Directeur
De heer Rob Stekelenburg – Promad / Bouwmanager

Intermediair

Sparkling Projects
Postbus 10209
7301 GL Apeldoorn

Contactpersoon

Ir. Steven Lobregt

Datum

15 april 2022

0. Samenvatting en openbaar eindrapport

Aanleiding

Westfort Slachterij B.V. – hierna Westfort – is een familiebedrijf actief in de verwerking van varkensvlees. In 2015 is een volledig nieuwe slachterij in gebruik genomen met de hoogste standaarden op het gebied van duurzaamheid en dierwelzijn. Er zijn diverse processen die warm water behoeven. Het gaat hierbij om warm water ten behoeve van broeibakken in het slachtproces (85°C) en warm water ten behoeve van schoonmaakwerkzaamheden (60°C). De energiebehoefte voor het verwarmen van dit water werd voorheen ingevuld door twee gasgestookte verwarmingsketels.

Doel van het project

Doel van dit project is dat 1,7 MW in serie opgestelde warmtepompen de warmte benodigd voor het warme water voor de broeibakken en schoonmaakwerkzaamheden leveren. De warmtepompen betrekken de warmte uit de afvalstroom van de waterzuivering en waarden dit op naar twee niveaus: 812 kW op 60°C en 944 W op 85°C.

Omschrijving van de activiteiten

De werkzaamheden na opdrachtverstrekking bestaan uit de (detail) engineering, testen en inbedrijfstelling van de warmtepompen. Er is één warmtepomp geïnstalleerd om water te verwarmen tot 85°C. Dit water wordt naar de broeibakken van het slachtproces gevoerd en keert terug naar de warmtepomp met een temperatuur van 65°C alwaar het door de warmtepomp weer naar 85°C wordt verwarmd. Als bron wordt het afvalwater gebruikt met een temperatuur van 30°C wat hierdoor afkoelt naar 24°C. Dit afgekoelde water van 24°C wordt als bron gebruikt voor drie andere warmtepompen welke voorzien in de behoefte van (schoonmaak)water van 60°C. De hier is de ingaande waterstroom is 50°C.

Resultaten

Het fysieke resultaat betreft vier warmtepompen: één hogere temperatuur warmtepomp en drie lagere temperatuur warmtepompen. De – elektrisch aangedreven – warmtepompen voorzien in het verwarmen van water ten behoeve van de broeibakken en het schoonmaakwater. Voor de uitvoering van dit project werd in deze warmtevraag voorzien door middel van twee gasgestookte HR ketels. Met toepassing van de warmtepompen zijn de processen aardgasvrij geworden.

Vernieuwend voor Nederland was:

- Eigen afvalwaterzuivering als bron voor de warmtepompen
- 1,7 MW aan vermogen
- Cascadering naar twee temperatuurniveau 's
- Toepassing in industrie.

Afwijking van aanvraag

In de aanvraag is uitgegaan van Carrier warmtepompen. Er is opgemerkt dat onderzocht zou worden of ammoniak een beter alternatief was. Dit heeft er in geresulteerd dat de hoog temperatuur warmtepomp in opdracht is gegeven bij VHI en voorzien is van ammoniak als koudemiddel. Hiermee kan een warmwater temperatuur bereikt worden van 85°C ipv 75°C. Deze temperatuur is gewenst voor sterilisatie doeleinden.

De totaalinvestering voor Westfort was begroot op €995.097. De keuze voor ammoniak heeft geresulteerd in een opdracht van €675.000 en €475.000 aan VHI. Dit is in totaal €1.150.000 in techniek. Tegenover de meerkosten staat een betere inzetbaarheid van warmte door de hogere temperatuur, het voorkomen van HFK koudemiddel en een betere c.o.p. van de warmtepomp bij gelijke condities.

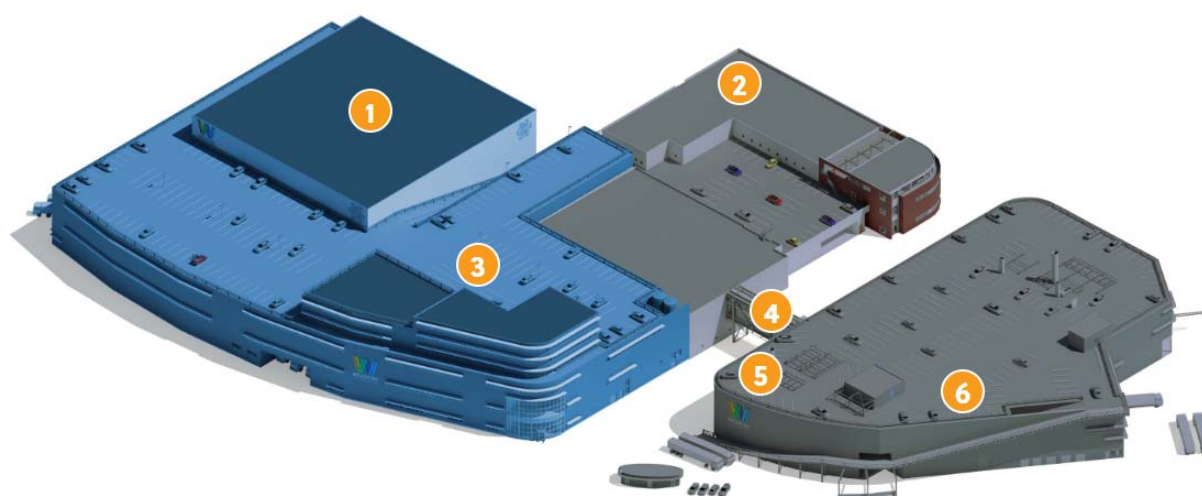
Energiebesparing

De totale jaarlijkse energiebesparing bedraagt ca. 1 mln. m³ gas per jaar. Met de warmtepompen is het elektriciteitsgebruik toegenomen met 1,96 mln. kWh per jaar. De kostenbesparing bedraagt € 168.188,- per jaar. Over een periode van 5 jaar is de totale CO₂ emissiereductie 3.542 ton CO₂.

Het project is uitgevoerd met topsector energiesubsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Er is gebruikt gemaakt van de subsidieregeling Versnelde Klimaatinvesteringen in de Industrie, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

1. Inleiding

Tussen 2014 en 2020 heeft Westfort één van de modernste vleesverwerkingslocaties met geïntegreerd vrieshuis gerealiseerd. Hierbij is de projectaanpak volgens BREEAM-NL gehanteerd, waarbij een BREEAM-NL 'Outstanding' score is behaald. Figuur 1 geeft een impressie van de totale nieuwbouw. Eind 2015 is de nieuwe slachterij in gebruik genomen. Begin 2019 is gestart met de bouw van fase twee, bestaande uit een volledig nieuwe uitsnijderij en uitbenerij gekoppeld aan een (in)vrieshuis (nr. 1 en 3 figuur). De slachterij is nummer 5, nummer 2 betreft de baconproductie. Nummer 6 is de innovatieve vergistingsinstallatie waar Westfort 30% van het eigen elektrisch vermogen en 80% van het eigen thermisch vermogen opwekt uit restproducten van de slachterij en mest. Aanvullende op deze Bio-WKK zijn warmtepompen geplaatst. Het betreft dus positie 6 op Figuur 1.



Figuur 1. Impressie nieuwbouw Westfort Slachterij

1.1 Probleemstelling

De bestaande bouw kent diverse processen die warm water behoeven. Het gaat hierbij om broeibakken in het slachtproces en schoonmaakwater. Het water voor de broeibakken dient een temperatuur van 85°C te hebben en wordt gebruikt om de huid los te weken van de karkassen. Het water ten behoeve van het schoonmaken dient een temperatuur van 60°C te hebben. Met het project is gekeken om de warmtevraag op een energiezuinige manier te voorzien. De energiebehoefte voor het verwarmen van dit water werd voor de uitvoering van dit project ingevuld door twee gasgestookte verwarmingsketels.

1.2 Beschrijving deelnemers en essentiële uitbestedingsrelaties

Penvoerder en investeerder Westfort Slachterij B.V.

Westfort Slachterij – hierna Westfort – is een familiebedrijf actief in de verwerking van varkensvlees. De varkens worden direct van de boeren gekocht. Het bedrijf is ontstaan uit twee familiebedrijven met een lange traditie in varkensvlees namelijk Egbert Kruiswijk Vleesproducten B.V. en Lunenburg Vlees B.V. welke in 2013 besloten samen als Westfort verder te gaan. Inmiddels is het bedrijf uitgegroeid tot een innovatief bedrijf van wereldniveau, waar inmiddels zo'n 1.400 mensen werkzaam zijn op vier verschillende locaties. Per jaar wordt er ruim 250.000 ton varkensvlees verwerkt wat naar meer dan 50 landen geëxporteerd wordt.

In 2015 is in IJsselstein een volledig nieuwe slachterij in gebruik genomen met de hoogste standaarden op het gebied van duurzaamheid en dierwelzijn. Westfort was deelnemer aan de Meerjarenafspraken energie-efficiëntie.

De slachterij is gedurende de looptijd van het project uitgebreid met een uitsnijderij. Dit heeft geresulteerd in een BREEAM Outstanding gebouw waarbij de nieuwbouw een NH₃/CO₂ koelinstallatie met een warmtepomp heeft gekregen door VHI Koudetechniek.

Essentiële uitbestedingsrelaties VHI

VHI was tijdens het schrijven van het projectplan nog geen essentiële uitbestedingsrelatie. In april 2021 heeft projectmanagement Promad namens Westfort opdracht verstrekt aan VHI voor het leveren, monteren en in bedrijfstellen van de hoog temperatuur warmtepomp uit te voeren met ammoniak als koudemiddel.

VHI Koudetechniek B.V. is gespecialiseerd in industriële koelinstallaties vaak met warmtepompfunctie. Het bedrijf is sterk vertegenwoordigd bij slachterijen en voedingsmiddelenindustrie.

Essentiële uitbestedingsrelaties B&V Techniek

B&V Techniek is een bedrijf dat actief is op het gebied van complete (klimaat)technische installaties. Het bedrijf richt zich hierbij op de markten food, utiliteit, (luxue) woningbouw, overheid, horeca en retail. Projecten betreffende (klimaat)technische installaties worden hierbij van advies tot installatie en onderhoud uitgevoerd.

De concrete bijdrage aan het project van B&V Techniek betreft het leveren en monteren van de drie warmtepompen voor warmte van 60°C , de koppeling aan de zuivering inclusief alle E en W techniek voor de warmtepomp van VHI.

Essentiële uitbestedingsrelatie Sparkling Projects

Sparkling Projects is een ingenieursbureau met specialisme koeltechniek en warmtepompen. Sparkling Projects begeleidt vanuit BREEAM de commissioning van de nieuwbouw van de installaties en verzorgt de gehele rapportage voor RVO. Sparkling Projects is bij diverse innovatieve warmtepompprojecten betrokken.

2. Projectbeschrijving

2.1 Doelstelling

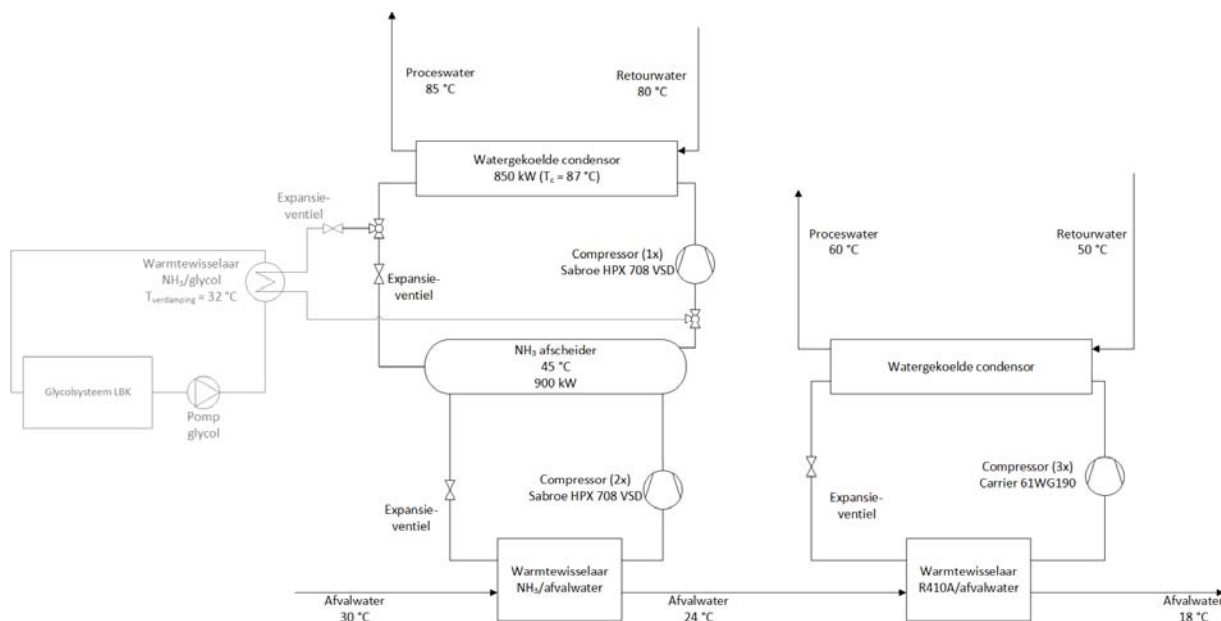
Doel van dit project is om in de warmtevraag te voorzien door middel van 1,7 MW in serie opgestelde warmtepompen die de warmte benodigd voor het warme water voor de broeibakken en schoonmaakwerkzaamheden leveren. De warmtepompen betrekken de warmte uit de afvalstroom van de waterzuivering en waarden dit op naar twee niveaus: 812 kW op 60°C en 944 kW op 85°C.

2.2 Projectbeschrijving & wijzigingen t.o.v. het projectplan

De techniek bestaat uit vier warmtepompen die de teruggewonnen warmte uit de afvalstroom van de waterzuivering opwaarderen naar het temperatuurniveau benodigd voor de twee processen (broeibakken en schoonmaakwater). De afvalwaterstroom wordt als bron gebruikt en bedraagt continu tussen de 50 en 100 m³ water per uur met een temperatuur van 30°C.

VHI heeft de tweetraps ammoniak warmtepomp geïnstalleerd om water te verwarmen tot 85°C. Dit water wordt naar de broeibakken van het slachtproces gevoerd en keert terug naar de warmtepomp met een temperatuur van 65°C alwaar het door de warmtepomp weer naar 85°C wordt verwarmd. De warmte in het afvalwater dient als bron voor de hoog temperatuur warmtepomp. Dit water wordt vervolgens afgekoeld 24°C en dient als bron voor de overige drie warmtepompen welke voorzien in de behoefte van 60°C (schoonmaak)water.

Het geheel is schematisch weergegeven in Figuur 2, waarbij LT betrekking heeft op de lagere temperatuur warmtepompen (60°C) en HT betrekking heeft op de hoog temperatuur warmtepomp (85°C).



Figuur 2. Schematische weergave warmtepompen

De hoog temperatuur warmtepomp betreft een tweetraps ammoniak warmtepompsysteem. De lage trap wordt uitgevoerd als twee compressoren van het merk Sabroe type HeatPAC HPX708 VSD met een nominaal verwarmingsvermogen van circa 527 kW per stuk. De hoge trap wordt uitgevoerd als één compressor van het merk Sabroe type HeatPAC HPX708 VSD.

In het projectplan was geschreven dat voor de hogere temperatuur warmtepomp gebruik zou worden gemaakt van een Carrier 61 XWH HZE 10 met een verwarmingsvermogen van 986 kW. Fysiek is dit één warmtepomp waarbij de waterstromen op twee temperatuurniveaus de verdamper en de condensor passeren. Deze warmtepomp zou volgens Carrier ook tot 85°C warm water kunnen maken maar in de uitvoering zou deze warmtepomp 75°C warm water maken. De warmtepomp werkt met koudemiddel HFO R1234ze (2 x 140 kg). HFO R1234ze heeft een GWP van 7 en bij een koudemiddelinhoud van 280 kg en een gemiddelde lekkage van 5% per jaar over de levensduur van de installatie is de CO₂ emissie gelijk aan $280 \times 5\% \times 7 = 0,01$ ton/jaar CO₂ equivalent.

HFO betreft ene nieuwe generatie synthetische koudemiddelen welke beperkt bijdragen aan het broeikasgaseffect. Er blijven regelmatig berichten komen dat deze middelen onverwacht negatieve impact hebben op het milieu. Verder was er gezien het ontwerp onvoldoende zekerheid dat de unit bij een bron van 20°C in een continue proces 85°C warm water zou kunnen maken.

Voor de lagere temperatuur warmtepompen is gebruik gemaakt van drie Carriers 61 WG 190 (Figuur 3) met een (verwarmings)vermogen van 271 kW per warmtepomp (812 kW totaal vermogen).

Het systeem maakt gebruik van:

- Serie schakeling op basis van scrollcompressoren
- Koudemiddel R410A à 24,2 kg per warmtepomp
- Platenwisselaar met oververhitting
- Elektronisch ventiel voor variabele regelingen.

Het koudemiddel R410A is met een GWP van 2.088 een sterk broeikasgas. Het alternatief ammoniak was voor deze toepassing veel duurder.



Figuur 3. Carrier 61WG 190

Voor de lagere temperatuur warmtepompen is zijn dezelfde systemen geïnstalleerd als was beschreven in het projectplan. De technische specificaties wijken enigszins af omdat bij het detailontwerp de watertemperatuur 60°C is geworden i.p.v. 65°C. De bron (water zuivering) koelt uit van 24°C uitkoelt naar 18°C

2.3 Werkwijze

Westfort werkt bij voorkeur in een bouwteam met vaste partijen. De Technische dienst van Westfort, Bouwadviseur Promad, installatieadviseur Sparkling Projects en de installateurs VHI en B&V hebben in gezamenlijke vergaderingen het concept uitgewerkt. Promad is door Westfort geautoriseerd om opdrachten te verstrekken. Daarna hebben de installateurs in afstemming met de technische dienst van Westfort het project gerealiseerd.

2.4 Technische knelpunten

Er zijn geen substantiële technische knelpunten geweest. De ammoniakwarmtepomp is ontworpen op 10K temperatuurverschil in watertemperatuur, 70°C in en 80°C uit.

De temperatuur kan oplopen tot 85°C. Er is gekozen om de temperatuur geleidelijk op te voeren. Dit is goed verlopen en 85°C kan stabiel worden gemaakt.

Daarna is er voor gekozen om de retourtemperatuur boven de 70°C komt, een tweede warmtewisselaar bij te schakelen om warmte aan het centrale verwarmingscircuit af te geven. De warmtepomp draait daarmee in de regel nagenoeg altijd op 100%.

Het warmte onttrekken aan de waterzuivering gaat goed. Er is nog geen ervaring opgedaan met eventueel opbouw van vervuiling op de wisselaars. De warmtepompen draaien de eerste periode in een “stand alone” modus. Na enkele maanden zal een onderlinge optimalisatie plaats gaan vinden.

3. Resultaten

3.1 Resultaten: Project zelf

Het fysieke resultaat betreft vier warmtepompen: één hogere temperatuur warmtepomp en drie lagere temperatuur warmtepompen. De – elektrisch aangedreven – warmtepompen voorzien in het verwarmen van water ten behoeve van de broeibakken en het schoonmaakwater. Met toepassing van de warmtepompen zijn de processen aardgasvrij geworden.

CO₂-reductie berekeningen

Voor de CO₂-reductie berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Werktijden 18 uur per dag, 5 dagen per week, 50 weken per jaar
- Werkuren per jaar 4.500 uur per jaar
- C.O.P. warmtepomp LT (verwarmen) 4,12
- C.O.P. warmtepomp HT (verwarmen) 3,97

Voor het omrekenen van primair energieverbruik naar CO₂ emissies voor elektra en aardgas is gebruik gemaakt van de berekeningsmethodiek van de NEN7120. Vanwege de toenemende efficiëntie van de elektriciteitsopwekking zijn deze getallen geactualiseerd aan de hand van recente data van het CBS en weergegeven in Tabel 1.

	Primair	CO ₂ emissie	CO ₂ emissie
Elektra	6,61 MJ/kWh	0,0685 kg/MJ _{primair}	0,453 kg/kWh
Gas	31,65 MJ/Nm ³	0,0506 kg/MJ _{primair}	1,601 kg/Nm ³

Tabel 1. Omrekeningsfactoren energie CO₂ emissie

Laag temperatuur warmtepompen

De laag temperatuur warmtepomp heeft een verwarmingsvermogen van 271 kW. Dit resulteert in 812 kW verwarmingsvermogen voor de drie warmtepompen. De benodigde compressie-arbeid bedraagt $812 / 4,12 = 197$ kW. De geleverde warmte is $812 \text{ kW} \times 4.500 \text{ uur} = 3,654 \text{ mln. kWh} = 13,2 \text{ TJ}$ warmte. Het energieverbruik van de warmtepompen bedraagt $197 \text{ kW} \times 4.500 \text{ uur} = 0,89 \text{ mln. kWh}$ elektriciteit.

Hogere temperatuur warmtepomp

De hogere temperatuur warmtepomp heeft een verwarmingsvermogen van 944 kW. De benodigde compressie-arbeid bedraagt $944 / 3,97 = 238$ kW. De geleverde warmte is $944 \text{ kW} \times 4.500 \text{ uur} = 4,25 \text{ mln. kWh} = 15,3 \text{ TJ}$ warmte. Het energieverbruik van de warmtepomp is $238 \text{ kW} \times 4.500 \text{ uur} = 1,07 \text{ mln. kWh}$ elektriciteit.

Referentie techniek

Voor het opwekken van warm tapwater wordt volgens NEN 7120 gerekend met een rendement van 90%. Het gasgebruik behorende bij de hoeveelheid opgewekte warmte van de lage temperatuur warmtepomp bedraagt $13,2 \text{ TJ} / (0,90 \times 31,65 / 1000) = 0,46 \text{ mln. Nm}^3$ aardgas per jaar. Het gasverbruik behorende bij de hoeveelheid opgewekte warmte van de hoge temperatuur warmtepomp bedraagt $15,3 \text{ TJ} / (0,90 \times 31,65 / 1000) = 0,54 \text{ mln. Nm}^3$ aardgas per jaar.

Reductie CO₂ emissie

Het totale jaarlijkse elektriciteitsverbruik van de drie lagere temperatuur warmtepompen en de hogere temperatuur warmtepomp bedraagt $0,89 \text{ mln.} + 1,07 \text{ mln.} = 1,96 \text{ mln. kWh}$ per jaar. De CO₂ emissie behorende bij dit elektriciteitsverbruik bedraagt $1,96 \text{ mln.} \times 0,453 = 0,89 \text{ mln. kg CO}_2$, ofwel bijna 890 ton CO₂.

Het totale jaarlijkse aardgasverbruik van de referentietechniek bedraagt:
 $0,46 \text{ mln.} + 0,54 \text{ mln.} = 1 \text{ mln. Nm}^3$ per jaar.

De CO₂ emissie behorende bij dit aardgasverbruik bedraagt:
 $1 \text{ mln.} \times 1,601 = 1,60 \text{ mln. kg CO}_2 = \text{ca. } 1.600 \text{ ton CO}_2$.

De reductie in CO₂ emissie bedraagt dus $1.600 - 890 = 710 \text{ ton CO}_2$ per jaar.

In de eerste vijf jaar bedraagt de reductie $5 \times 710 = 3.550 \text{ ton CO}_2$.

In Tabel 2 is de samenvatting van de berekeningen te zien.

	Referentie techniek	Warmtepompen
Jaarlijks elektraverbruik	0	1,96 mln. kWh
Jaarlijks aardgasverbruik	1 mln. Nm ³	0
CO ₂ emissie	1.600 ton/jaar	890 ton/jaar
Reductie CO ₂ emissie per jaar		710 ton/jaar
Reductie CO ₂ emissie eerste vijf jaar		3.550 ton
Indirecte emissie koudemiddel		7,6 ton/jaar R410
Reductie CO ₂ emissie eerste vijf jaar		3.542 ton
Incl. indirecte emissie koudemiddel		

Tabel 2. Reductie CO₂ emissie warmtepomp

Overige ecologische effecten

De warmtepompen zijn voorzien van uitsluitend elektrisch aangedreven componenten. Er is geen sprake van een vorm van directe schadelijke uitstoot zoals fijn stof of NO_x. Diverse componenten (compressoren en pompen) produceren geluid. Dit geluidsniveau is niet van een dusdanig niveau dat er risico is op geluidshinder op de omgeving.

De emissie van niet CO₂ broeikasgassen zijn verwoord bij de CO₂ besparingsberekeningen.

Bij een totale koudemiddelinhoud van $(3 \times 24,2 \text{ kg}) = 72,6 \text{ kg}$ en een gemiddelde lekkage van 5% per jaar over de levensduur van de installatie is de CO₂ emissie gelijk aan $72,6 \times 5\% \times 2.088 = 7,6 \text{ ton/jaar CO}_2$ equivalent.

3.2 Resultaten: Spin off en vervolgactiviteiten

Er zijn nog geen publicaties geweest over het project. Westfort en Sparkling zullen hier het voortouw in nemen.

4. Financiering

4.1 Eigen aandeel in de kosten

De totale investeringskosten bedragen € 1.153.750 en in totaal is € 249.396 aan subsidie toegewezen.

5. Discussie

Projectrisico

Zowel de drie lagere temperatuur warmtepompen als de hogere temperatuur warmtepomp zijn op zichzelf staande installaties welke geen onderdeel uitmaken van een groter geheel. Toepassing van deze techniek heeft daarom voor andere installaties geen risico gezorgd. Er was ruim voldoende back up aan cv ketels.

Belangrijk risico zijn de temperaturen aan bron en afgifte zijde van de warmtepomp. Elke graag verandering geeft een afname van de efficiency met 2 tot 3%. Zeker het HFO koudemiddel heeft sterke expansieverliezen bij hogere condensatietemperaturen.

Vergunning

Er waren geen aparte eisen met betrekking tot vergunningen voor deze warmtepompen.

Zorgplicht voor afvalwater vanuit algemene lozingsregels schrijft voor afvalwater dat:

1. de temperatuur niet hoger is dan 30°C;
2. de zuurgraad: $6,5 < \text{pH} < 10$;
3. de sulfaatconcentratie lager dan 300 milligram per liter;
4. geen brand- of explosiegevaar kan veroorzaken; of
5. niet door een beerput, rotingsput of septictank is geleid.

Dit project heeft gezorgd voor een verlaging van de lozingstemperatuur en draagt daarin alleen positief bij aan de zorgplicht. Het project heeft geen invloed op de andere 4 items.

6. Conclusies en aanbevelingen

Een afvalwaterzuivering blijkt goed te functioneren als bron voor een warmtepomp. Er is gekozen voor een cascadering waarbij de hoog temperatuur warmtepomp het warmste water pakt en de warmtepomp welke 60°C water maakt het reeds afgekoelde water.

Na de beschikking is de keuze van de warmtepompen nogmaals geëvalueerd en is besloten te investeren in ammoniak als koudemiddel voor de hoge temperatuur i.p.v. R1234ze. De HFO R1234ze heeft volgens de leverancier van het koudemiddel weinig negatieve milieu impact. Wel zijn er publicaties welke duiden op potentiële negatieve invloeden. Daarnaast was er voor productie van warmwater technisch meer vertrouwen in een tweetraps installatie dan in een één-traps installatie.

De warmtepompen zijn met beleid opgestart en de temperaturen geleidelijk verhoogd. Er zijn geen storingen geweest.