

# Openbaar voortgangsrapportage MOOI42002

Titel: Kickstart Market Industrial Heat Pumps  
Projectnummer: MOOI42002  
Publicatiedatum: 20-09-2023  
Auteur: Bas van Noorden

## Samenvatting

De industrie staat voor grote uitdagingen om de transitie naar een vrijwel CO<sub>2</sub>-neutrale industrie te bewerkstelligen in 2050. Het gebruik van industriële warmtepompen die restwarmte opwaarderen tot proceswarmte is één van de mogelijke mogelijkheden oplossingen om dit mogelijk te maken. De technologie van compressiewarmtepompen is tot een zodanig niveau ontwikkeld dat marktintroductie in de nabije toekomst mogelijk is. Er zijn echter twee belangrijke uitdagingen die de ontwikkeling op dit moment belemmeren. Ten eerste heeft de industriële warmtepomptechnologie nog niet de status van bewezen technologie voor eindgebruikers. Er ontbreekt kennis over de integratie in de huidige processen, de prestaties onder industriële omstandigheden en de praktische problemen en risico's die de introductie van warmtepomptechnologie met zich meebrengt. Ten tweede, de huidige bedrijven in de supply chain van de industriële warmtepompen zijn vooral actief op de markt voor industriële koeltechniek. De markt voor industriële verwarmingstechnologie is vanuit dat perspectief nauwelijks zichtbaar. Dit leidt tot onbekendheid en onzekerheid bij potentiële warmtepompleveranciers over de ontwikkeling van producten (temperatuur, vermogen) en hoe deze te integreren in industriële processen.

## Doel van het project

Het doel van dit project is om de implementatie van industriële warmtepompen te versnellen. Het ontwikkelen van technologische oplossingen die een commercieel levensvatbaar alternatief zijn voor fossiele brandstoffen en gestookte verwarmingssystemen voor industriële warmtevraag < 200°C. Zowel voor bestaande als nieuw te ontwikkelde productieprocessen. Daarnaast wordt er geïdentificeerd wat de belangrijkste niet-technische barrières zijn die marktimplementatie belemmeren en wordt er gekeken hoe deze belemmeringen kunnen worden weggehaald.

### Commercieel levensvatbaar betekent:

De technologie die beschikbaar is, voldoet aan de technische eisen van de applicatie, de kosten zijn laag en leveren voldoende hoge prestaties een terugverdientijd van minder dan 5 jaar te realiseren; Technologieleveranciers hebben hun supply chain zo georganiseerd dat ze deze technologie kunnen leveren tegen gewenste prijsniveau en toch winstgevend kunnen zijn.

## Resultaten

Het project zal de volgende resultaten opleveren:

- Twee warmtepompen ontwikkeld en getest voor bestaande toepassingen;
- ~~Industriële warmtepomptechnologie geïntegreerd in twee processen, betrouwbaar werkend;~~
- Vijf herhaalbare concepten ontwikkeld voor geïntegreerde warmtepompprocessen;
- Aanbevelingen voor het versnellen van de marktimplementatie van de warmtepomptechnologie.

## Voortgang

### Resultaat 1

#### *Uitgevoerde activiteiten*

Er is uitvoerig onderzoek geweest naar verschillende componenten die aan de eisen van de warmtepomp moeten voldoen. Gedacht kan worden aan het selecteren van de juiste compressor, koudemiddel, warmtewisselaars, etc. Vervolgens is dit in een schema opgesteld en zijn de overige componenten, om tot een complete regelkring te komen zoals regelkleppen, druksensoren, temperatuuropnemers, toegevoegd.

#### *Knelpunten*

Voor het digital twin onderdeel is vertraging opgelopen door het niet vinden van een geschikte kandidaat. Dit is inmiddels wel gelukt maar het is nog te kort dag om een voortgang van het project te beschrijven.

### Resultaat 3

#### *Uitgevoerde activiteiten*

De afgelopen periode zijn analyses uitgevoerd aan de integratie van warmtepompen in een aantal processen (aardappelverwerking, oliën & vettenproductie, papierproductie). Daarbij is, afhankelijk van het proces, gekeken naar verschillende restwarmtebronnen (hoeveelheid, temperatuur) en de verschillende warmtebehoefte binnen het huidige proces. Op basis van deze gegevens zijn thermodynamische analyses gemaakt met verschillende warmtepompconcepten en werkmedia en de prestatie (COP) van de warmtepomp berekend. Daarbij is ook gekeken naar de mogelijkheden van geothermie als aanvullende warmtebron.

Daarnaast loopt een studie die de mogelijkheden onderzoekt om expansiearbeid te winnen uit de expansie van het warme condensaat voordat dit naar de verdamer van de warmtepomp gaat. Hiermee zou de efficiency van de warmtepomp kunnen worden verhoogd. Daarbij wordt met name naar de toepassing van ejecteurs/jetpompen gekeken. Door middel van thermodynamische analyses wordt de integratie van 1 of meerdere ejecteurs in de warmtepompcyclus onderzocht op het effect op de prestatie van de warmtepomp.

Tenslotte lopen er activiteiten die de toepassing van een transkritische warmtepompcyclus bij droogtoepassingen. Daarbij worden thermodynamische analyses uitgevoerd voor verschillende werkmedia. Specifieke aandacht is er voor het ontwerp van de condensor/gaskoeler van de warmtepomp waarbij de warmteoverdracht van het superkritische medium een uitdaging vormt.

#### *Behaalde resultaten per mijlpaal*

De berekende COP van de integratie van een warmtepomp hangt sterk af van de procescondities. Voor een aantal gevallen is de temperatuurlift zeer groot en resulteren COP waarden  $< 2$ . In alle gevallen blijkt dat de meest complexe warmtepomp configuratie ook het hoogste rendement geeft. De berekeningen in combinatie met geothermie geven aan deze bron vaak veel groter is dan de benodigde warmte vanuit het proces, waardoor de geothermie bron slecht wordt benut.

De analyses aan ejecteurs geven als eerste indicatie aan dat de toepassing van een dubbele ejecteur de prestatie van de warmtepomp met 10% kan verbeteren.

#### *Knelpunten*

De analyses voor de zuivelsector en sausproductie zijn nog niet uitgevoerd vanwege capaciteitsproblemen.

#### *Perspectief voor toepassing*

De berekeningen aan warmtepomp integratie in bestaande processen geeft aan dat dit technisch mogelijk is met bestaande technologie of technologie die binnen enkele jaren op de markt komt. Voor sommige toepassingen is de COP momenteel (met huidige energieprijzen) aan de lage kant maar dat zal richting de toekomst aantrekkelijker worden. In de komende periode zullen ook analyses worden gemaakt waarbij de procescondities worden aangepast (greenfield) waardoor naar verwachting de warmtepomp prestaties sterk zullen toenemen. Toepassing van geothermie vereist waarschijnlijk het combineren van meerdere processen of fabrieken, hetgeen buiten bestek van dit project valt.

## Resultaat 4

### *Beschrijving van de uitgevoerde activiteiten*

Ter vormgeving van deze taak is de afgelopen periode een literatuurstudie gedaan naar o.a. de energie-efficiëntiekloof, belemmeringen voor het CO<sub>2</sub>-vrij maken van de industrie, organisatorische besluitvorming, samenwerking in de supply chain en het technologische innovatiesysteem van de industriële warmtepomp. Daarnaast zijn semigestructureerd interviews afgenomen met partners uit het consortium en de bredere stakeholdergroep rondom het KickStart-project. Gebaseerd op de informatie uit de literatuurstudie en interviews (8) zijn de onderzoeksactiviteiten verder vormgegeven, en al gedeeltelijk tot uitvoering gebracht.

Er zijn vier casestudies geselecteerd om het adoptieproces van warmtepompen door de eindgebruikers in kaart te brengen, en de daar bijhorende barrières en kansen. Voor deze casestudies worden interviews afgenomen met de betrokken eindklant, leverancier en energieadviseur. 18 van de 20 interviews zijn afgenomen.

Om de barrières en kansen voor het creëren van een markt voor industriële warmtepompen binnen de supply chain te identificeren is een workshop georganiseerd voor 11 partijen uit de keten. In de workshop is met name ingegaan op de uitdagingen om kennis te delen tussen de partijen en een goede samenwerking op te bouwen, en de uitdagingen om voldoende geschikt personeel te vinden en houden. In opvolging hiervan vindt binnenkort de volgende workshop plaats. In deze workshop wordt een visie gevormd voor het ontwikkelen, leveren en onderhouden van een industriële warmtepomp als commercieel levensvatbaar alternatief zijn voor fossiele brandstoffen en gestookte verwarmingssystemen voor industriële warmtevraag (< 200°C).

#### *Behaalde resultaten per mijlpaal*

- Voorlopige resultaten over factoren die van invloed zijn op de besluitvorming van eindgebruikers met betrekking tot investeringen in energie-efficiënte/decarbonisatie
- Inzicht in de (belangrijkste) spelers in de leveranciersketen voor de industriële warmtepompen (EU) en de belangrijkste samenwerkingsuitdagingen
- Voorlopige resultaten over de waargenomen barrières en kansen in de leveranciersketen
- Toegenomen bewustzijn onder partijen in de supply chain over de barrières en kansen voor marktcreatie, en beter begrip voor het perspectief van andere belanghebbenden in de keten

#### *Knelpunten*

Het vinden van casussen voor het onderzoek naar het adoptieproces door eindgebruikers bleek uitdagend, hierdoor is wat vertraging opgelopen. Dit heeft verder geen impact op de deadline voor het openbare eindrapport.

#### *Perspectief voor toepassing*

De uitkomsten van de casestudies en supply chain-workshops vormen input voor een serie co-creatiesessies die in 2024 plaatsvinden. Hierin zal samen met een brede stakeholdergroep een gedragen lijst met aanbevelingen voor het versnellen van de marktimplementatie worden geformuleerd. Deze stakeholdergroep bestaat uit consortiumpartners en aanvullende stakeholders binnen het ecosysteem van duurzame stoomproductie (inclusief tegenstanders van deze technologie).

## Bijdrage aan de doelstelling van de regeling

Het project draagt bij aan het volgende Mooi onderwerp:

### *Industrie*

*Doelstelling: Om goedkopere, klimaatneutrale en/of circulaire producten, processen en diensten te ontwikkelen, die uiterlijk in 2030 tot een eerste markttoepassing in een van de voor de klimaatdoelstelling, significante industriële sectoren in Nederland leiden. Dat betekent dat de activiteiten erop gericht moeten zijn om tijdens de looptijd van de innovatieprojecten al (de eerste generaties van) producten, processen of diensten op te leveren.*

Het algemene doel van de ontwikkeling, waarin dit project een belangrijke stap zet, is gericht op het gebruik van warmtepomptechnologie voor het opwekken van een groot deel van de industriële warmtevraag < 200°C. Deze warmtevraag wordt vervolgens ingevuld met restwarmte en elektriciteit, waardoor er circulaire warmte aangedreven systeem ontstaat door toevoeging van elektriciteit. De huidige industriële warmtevraag in bovengenoemde temperatuurbereik in 4 aangewezen sectoren (chemie, raffinage, voeding, papier) is ongeveer 200 PJ/jaar. De daarmee samenhangende CO<sub>2</sub>-uitstoot bedraagt 11 Mton/jaar, uitgaande van de emissiefactor van aardgas (circa 56 kton/PJ). Als de elektriciteit om dit circulaire warmtesysteem aan te drijven afkomstig is uit hernieuwbare bronnen wat in lijn is met de verwachtingen, kan deze uitstoot volledig worden teruggedrongen. Daarom vormt deze technologie een belangrijke bouwsteen op weg naar een CO<sub>2</sub>-neutrale industrie in 2050.

Het volledige potentieel van deze technologie zal niet meteen kunnen worden benut. De verwachting is dat de bedrijfstemperatuur van industriële warmtepompen de komende jaren geleidelijk zal worden verhoogd naar het hele werkingsbereik. Dit project zal ervoor zorgen dat een commercieel levensvatbare industriële warmtepomp ontstaat voor leveringstemperaturen van 120°C na voltooiing van het project. De ontwikkelingen zullen doorgaan met het verkrijgen van kosteneffectieve oplossingen voor temperaturen tot 200°C, waar de implementatie vóór 2030 zou beginnen.

### Sociale relevantie

Het vermogen van industriële warmtepomptechnologie om te leiden tot grote energie- en CO<sub>2</sub>-besparingen in zowel de Zowel Nederland als de EU, zorgen ervoor dat dit project een hoge maatschappelijke relevantie heeft. De warmtepomp technologie is een facilitator van hernieuwbare energietechnologie, vooral omdat het een transversale verwarmingstechnologie is die toepasbaar is op meerdere industriële sectoren. De implementatie van warmtepomptechnologie zorgt ervoor dat er een transitie plaatsvindt van een energiesysteem dat afhankelijk is van aardgas en andere fossiele brandstoffen naar een energiebron die voornamelijk wordt aangedreven door hernieuwbare bronnen. De technologie vermindert de afhankelijkheid op (import van) fossiele energiedragers en omdat er per eenheid elektriciteit slechts 0,3 eenheden elektriciteit nodig zijn ontlast de warmtepomp de keten van opwekking, transport en opslag. Industriële warmtepompen verlagen energiekosten, vergroten het concurrentievermogen van industriële eindgebruikers, creëer nieuwe technologie en nieuwe banen voor technologieleveranciers.

## Ecologische relevantie

Dit project heeft een hoge ecologische relevantie vanwege de focus op het realiseren van kostenbesparingen met industriële warmtepompen die gebruik maken van milieuvriendelijke werkmedia. Dit vermijdt discussies die plaatsvonden in het verleden tijdens de ontwikkeling van synthetische koudemiddelen. Nieuwe werkvloeistoffen zijn natuurlijk koudemiddelen van synthetische oorsprong zonder aard opwarmingsvermogen (GWP) en geen ozonafbrekend vermogen (ODP). De uitdaging bij het gebruik van natuurlijke koudemiddelen is het realiseren van kosten die concurrerend zijn met niet-ontvlambare koelmiddelsystemen en tegelijkertijd voldoen aan de relevante veiligheidsnormen met betrekking tot hun brandbare aard.

## Participants

Name partners	Type of organization	Role in project
IBK	Large company	Coordinator, development of full scale heat pumps, contribute to lab & field testing
TNO	Research organization (non economic activities)	Contribute to development and testing of full-scale heat pumps, contribute to field testing, development of heat pump integrated process concepts, social scientific research on barriers for market implementation.
TUD	Research organization (non economic activities)	Research on advanced cycles, working media and components
UT	Research organization (non economic activities)	Research on expansion devices for compression heat pumps
TUE	Research organization (non economic activities)	Research on digital twin
Recoy	SME	Research on economic barriers
De Kleijn Energy Consultants & Engineers	SME	Development of heat pump integrated process concepts
KWA	SME	Development of heat pump integrated process concepts
Kiremko	SME	Development of heat pump integrated process concepts
Yeager Energy	SME	Development of heat pump integrated process concepts involving geothermal energy
SmurfitKappa	Large company	Development of interface to full scale heat pump, integration and field testing of heat pump.
Corbion	Large company	Development of interface to full scale heat pump, integration and field testing of heat pump
FarmFrites	Large company	Development of heat pump integrated process concepts
Shell	Large company	Development of heat pump integrated process concepts involving geothermal energy
Bunge Loders Croklaan	Large company	Development of heat pump integrated process concepts

### Voor meer informatie

Bas van Noorden – IBK B.V.

[bnoorden@ibknl.com](mailto:bnoorden@ibknl.com)

*"Het project is uitgevoerd met Topsector Energie subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. De specifieke subsidie voor dit project betreft MOOI-subsidie ronde 2020 "*