

## Compacte warmtepomp met lage inhoud propaan

### HP-Launch Project neemt bezwaren tegen warmtepomp weg

Het HP-Launch project wordt ondersteund door de TKI Urban Energy en is gericht op het wegnemen van de bezwaren voor grootscheepse inzet van warmtepompen. In dit project werken de volgende partijen samen: Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN), Re/genT, Haagsche Hogeschool (HHS), MMID Full Service Design Team, Transferworks en Business Development Holland.

### Grootschalige toepassing van warmtepompen in bestaande woningen is lastig

Op het moment wordt in Nederland hard gewerkt aan het uitfasen van het gebruik van aardgas. Warmtepompen zijn daarbij een goede mogelijkheid om de HR-ketel te vervangen. Voor bestaande woningen hebben warmtepompen echter een aantal nadelen:

- De benodigde temperaturen van het afgiftesysteem zijn onder extreme omstandigheden te hoog om deze efficiënt met een warmtepomp te kunnen leveren.
- Door de beperkte isolatie van woningen en hoge temperatuur afgiftesystemen is het elektriciteitsgebruik in extreme omstandigheden erg hoog en dat beperkt de grootschalige inzet van warmtepompen in de bestaande bouw.
- Nederlandse woningen hebben beperkte ruimte voor installaties. Onderbrengen van een warmtepomp is daarom lastig, mede door:
  - Beperkte mogelijkheden voor bodembronnen in de bestaande bouw.
  - Strenge eisen met betrekking tot de geluidsproductie door luchtwarmtepompen.
- Nederlanders zijn door het algemeen gebruik van gasketels gewend geraakt aan relatief lage investeringskosten voor een verwarmingssysteem. Dit maakt de implementatie van een standalone elektrische warmtepomp, inclusief warmwaterreservoir en toebehoren zoals onder andere veelal wordt toegepast in Duitsland, voor velen een brug te ver.

Dit betekent dat voor de efficiënte inzet van warmtepompen in de bestaande bouw verregaande aanpassingen nodig zijn van de woning en de infrastructuur.

### Compacte hybride warmtepomp is aantrekkelijk voor de bestaande bouw

Een compacte hybride warmtepomp, waarbij een luchtwarmtepomp en een HR-ketel samenwerken is een aantrekkelijk optie voor de bestaande bouw. De redenen hiervoor zijn onder andere:

- Met een hybride warmtepomp met een vermogen van 3 tot 3.5 kW kan het gasverbruik al sterk worden teruggebracht.
- Zonder extreem hoge piekbelastingen van het elektriciteitsnet kan op jaarbasis een grote bijdrage van elektriciteit aan de warmtevoorziening worden gerealiseerd.
- Het kleine vermogen zorgt ervoor dat de warmtepomp compact uitgevoerd kan worden en daardoor makkelijk te installeren is in een typische Nederlands rijtjeshuis.
- Een hybride warmtepomp geeft een algemene oplossing welke grootschalig kan worden toegepast. Dit kan leiden tot een sterke kostenreductie ten opzichte van de bestaande systemen.

## Propana als koudemiddel

Vanwege duurzaamheid is de keuze gemaakt om een natuurlijk koudemiddel toe te passen. Op basis van zowel de thermofysische eigenschappen als de beschikbaarheid van componenten is gekozen voor Propana. Het nadeel van Propana is dat het zeer brandbaar is (koudemiddel klasse A3).

Binnen het ontwerp is dit opgelost door:

- Toepassen van lage vulling (maximaal 150 gram).
- Mogelijkheid om de componenten buiten de woning te plaatsten.

## Kleine warmtepomp levert merendeel jaarlijkse warmte

Op basis van een referentiewoning is gebleken dat een warmtepomp met een capaciteit van 3 tot 3.5 kW al het merendeel van de jaarlijks warmtebehoefte kan leveren. Vandaar dat het koude-technisch ontwerp van de warmtepomp is gebaseerd op een warmtecapaciteit van 3.5 kW op de referentie conditie A7/W35 (NEN EN 14511). Hiernaast is nog ontworpen op:

- Koudemiddelvulling van maximaal 150 gram propana.
- Systemefficiëntie vergelijkbaar met “best in class” bestaande warmtepompen.
- Zo laag mogelijk gewicht met betrekking tot installatie.
- Gebruik van commercieel verkrijgbare componenten.
- Modulatie.

Om de benodigde efficiëntie te bepalen is er een best in class referentiesysteem aangekocht en bemeten met behulp van een binnen het project opgebouwde meetopstelling (zie Re/genT rapporten 20105/RO02/V2 en 20104/RO01/V1).

## Warmtepomp opgebouwd met standaard componenten

Om aan de ontwerpeisen te voldoen zijn er alleen standaard beschikbare componenten toegepast, waarbij voornamelijk is geselecteerd op een zo hoog mogelijke systemefficiëntie bij een minimale hoeveelheid koudemiddel. Daarnaast was ook het gewicht van belang, voornamelijk voor de compressor, omdat deze een relatief groot aandeel heeft in het totaalgewicht.

Vanuit deze uitgangspunten is een toeren geregelde rotary compressor van GMCC geselecteerd met een zeer laag gewicht van 8.5 kg (model: DTN180D32UFZ). Vanwege de relatief kleine behuizing en het geringe olie volume is de koudemiddelhoeveelheid in de compressor laag en door het gebruik van dubbele cilinders produceert deze compressor minder trillingen en daardoor dus ook minder geluid.

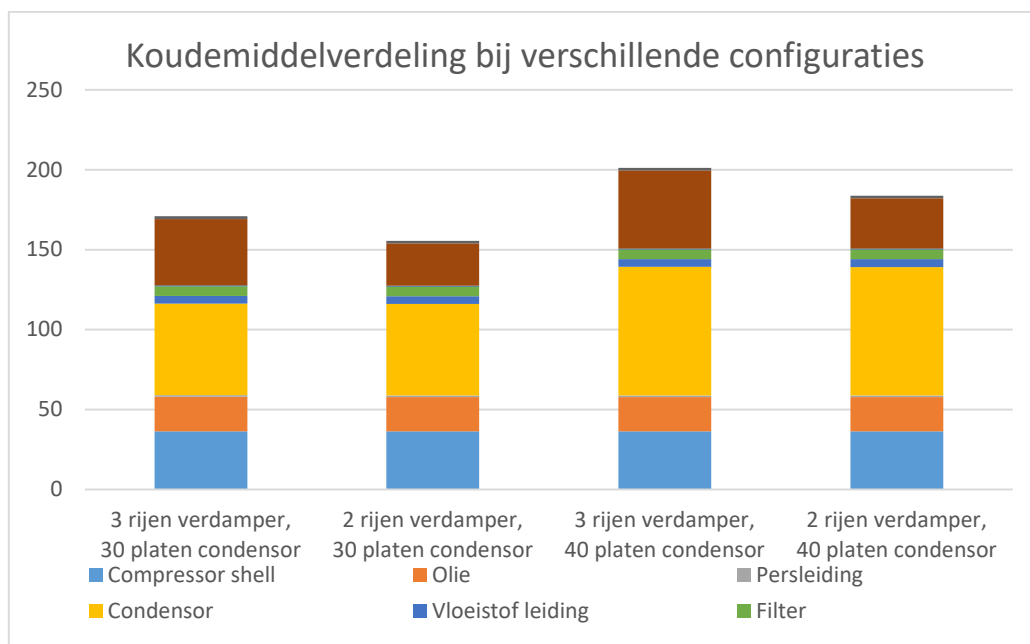


## Systeem kan gebouwd worden met minder dan 150 gram propaan

Om ontwerpen op basis van kleine koudemiddelinhoud mogelijk te maken is het volgende uitgevoerd:

- Opzetten van een warmtepompsimulatiemodel voor bepaling prestatie en efficiëntie.
- Opzetten van rekenmodellen voor bepaling van de koudemiddelvulling op zowel component als systeemniveau.
- Meten van de koudemiddelvulling op component en systeemniveau. Deze metingen zijn uitgevoerd op diverse prototypen warmtepompen. Deze prototypen waren voorzien van snel sluitende kleppen, welke het mogelijk maakten om het koudemiddel instantaan op te sluiten binnen het door de kleppen afgesloten controlevolume. Door de kleppen te sluiten tijdens stationair draaien van de warmtepomp kon de koudemiddelinhoud per component nauwkeurig bepaald worden met behulp van de PVT-Superheat methode<sup>1</sup>.
- Toetsen en ijken van de rekenmodellen op basis van de meetresultaten

In Figuur 2 is voor een aantal bestudeerde configuraties de berekende koudemiddel hoeveelheid weergegeven voor zowel het totale systeem als per component. Hieruit is geconcludeerd dat het door de juiste keuze van componenten mogelijk is om een systeem samen te stellen met een koudemiddelhoeveelheid beperkt tot 150 g.



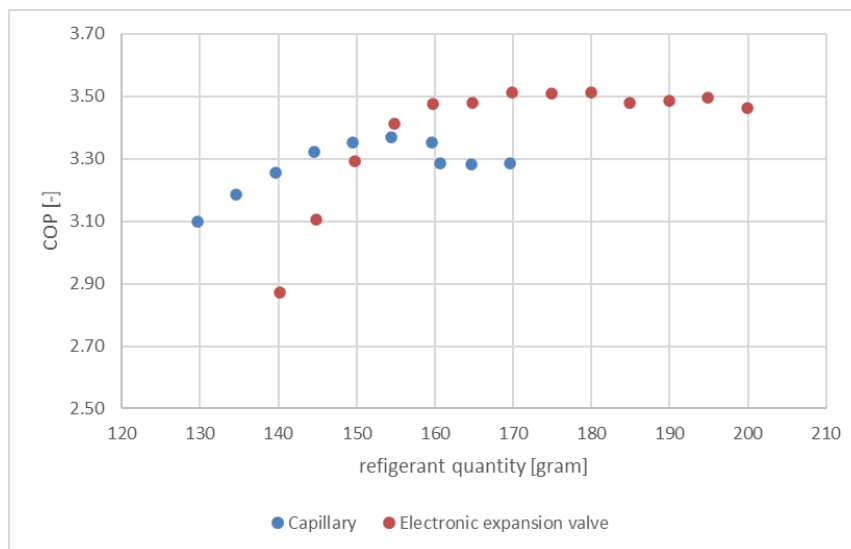
*Figuur 2: De benodigde hoeveelheid koudemiddel voor verschillende configuraties van de HP-Launch prototype warmtepomp.*

<sup>1</sup> Bij deze methode wordt de hoeveelheid koudemiddel bepaald door het meten van de druk en temperatuur van het oververhitte gas binnen een bekend volume. Binnen de opstelling is dit gedaan door gebruik te maken van een gekalibreerd vat onder vacuüm. Door dit vat aan te sluiten op het te meten controlevolume en vervolgens het koudemiddel in het vat te laten expanderen creëer je een totaal volume (vacuüm vat + controle volume) aan oververhit gas. Door het meten van de druk en temperatuur kan de dichtheid van het gas bepaald worden en na vermenigvuldiging met het bekende totaal volume volgt de koudemiddelinhoud.

### Standaard elektronisch regelventiel geeft de beste resultaten

Goede regeling van het expansieorgaan is van essentieel belang voor de efficiëntie van een warmtepomp, vandaar dat diverse opties bekeken zijn. Het blijkt dat het gebruik van een standaard elektronisch expansieventiel en regeling op basis van de oververhitting na de verdamper de beste oplossing geeft. Hiernaast is het volgende geconcludeerd:

- Het gebruik van een capillair als expansieorgaan resulteert in een lagere koudemiddel vulling echter ten koste van de efficiëntie (zie Figuur 3).
- Het gebruik van een additionele zuiggaswarmtewisselaar ter optimalisatie van de verdamper (regelen op minimale oververhitting) geeft geen verbetering in systeem efficiëntie in het prototype. Dit is onderwerp voor verder onderzoek.
- Koudemiddelvulling heeft een grote invloed op het regelgedrag.
- Hoogste efficiëntie met een stabiel regelgedrag is bereikt met een elektronisch expansieventiel en 5K oververhitting van de verdamper.



*Figuur 3: Verloop van systeem COP als functie van de koudemiddelinhoud gemeten in een van de eerdere prototypes bij toepassing van een elektronisch expansieventiel en een capillair als expansieorgaan. Testen uitgevoerd bij A7/W35 volgens NEN EN 14511. Metingen zijn uitgevoerd op een prototype waarbij een relatief kleine verdamper met grote oververhitting en de condensor met 40 platen is toegepast. Deze meting is daardoor niet representatief voor de koudemiddel hoeveelheid van het HP-Launch prototype. Echter, geeft de meting wel het typische verschil in optimum efficiëntie weer tussen het gebruik van een capillair en een elektronisch expansieventiel.*

## Ontdooien door omkeren warmtepomp

Ontdooien en berijpen was een belangrijk aspect binnen het HP-Launch project, omdat in Nederland veel rijpvorming optreedt bij warmtepompen. Hier is dan ook veel aandacht aan besteed in zowel het ontwerp van de verdamper als in het onderzoek naar de regeling. Systeemtechnisch is gekeken naar:

- Ontdooien met buitenlucht.
  - Beperkte inzetbaarheid want de warmtepomp moet afgeschakeld worden bij luchttemperaturen rond 2 °C.
- Elektrische verwarmingselementen.
  - Lagere efficiëntie van het systeem.
  - Minimale koudemiddelvulling omdat er geen extra koude-technische componenten worden toegepast.
- Ontdooien m.b.v. een thermosiphon tussen de verdamper en de condensor. In dit geval wordt de compressor uitgeschakeld en verdeeld de warmte zich van binnen naar de berijpte warmte-wisselaar.
  - Hoog rendement vanwege afschakelen van de compressor.
  - Extra koudemiddelleidingen met grote doorlaat nodig.
  - Geen geschikte kleppen tegen acceptabele kosten beschikbaar.
- Omkeerklep. Dit keert de werking van het systeem om en verwarmd de luchtwisselaar, terwijl het verwarmingssysteem wordt gekoeld.
  - Standaardoplossing met acceptabel rendement.

Om te kunnen draaien onder berijpende condities is het HP-Launch systeem uitgevoerd met een omkeerklep. In combinatie met radiatoren in een hybride opstelling zorgt de ketel ervoor dat het verwarmingssysteem niet afkoelt tijdens het ontdooien.

## Resultaat is een systeem met goede prestaties

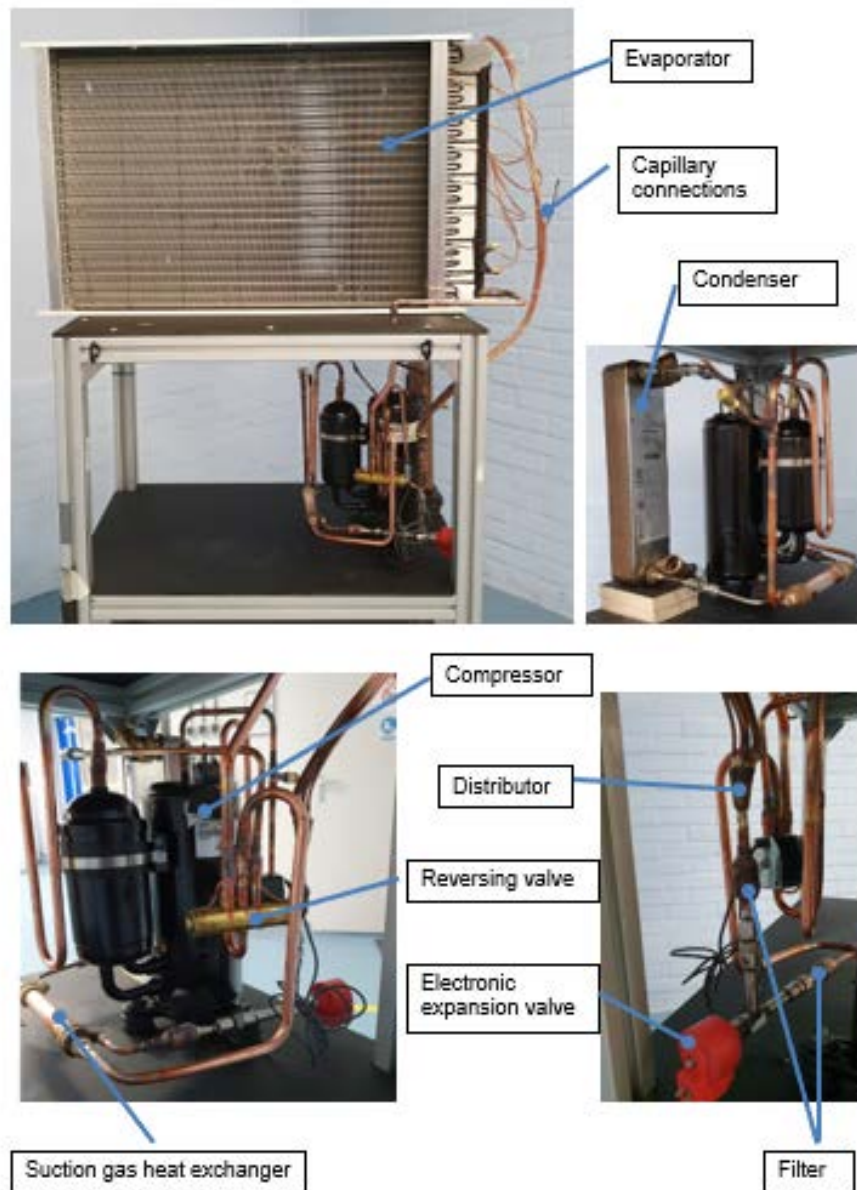
Een prototypesysteem is gebouwd op basis van de geselecteerde componenten, zie onderstaande foto. Het systeem is gevuld met 150 gram propaan en de prestatie is bemeaten met behulp van de binnen het project opgebouwde meetsopstelling. Resultierend in het volgende:

- Verwarmingcapaciteit van 3.4 kW bij A7/W35 (NEN EN 14511) met een compressor toerental van 3600 rpm.
- COP<sup>2</sup> van 4.47 bij A7/W35 (NEN EN 14511)
- SCOPnet<sup>3</sup> van 4.44 volgens NEN-EN 14825 (lage systeemtemperatuur en gemiddelde klimaatcondities)
- SCOPnet van 3.84 volgens NEN-EN 14825 (gemiddelde systeemtemperatuur en gemiddelde klimaatcondities)

<sup>2</sup> Coëfficiënt of Performance = geleverde warmte / daarvoor benodigde elektrische energie

<sup>3</sup> Seasonal Coëfficiënt of Performance: gemiddelde COP over een stookseizoen

De resultaten tonen aan dat het mogelijk is om een compacte lucht-water-warmtepomp te bouwen, met een koudemiddelvulling van 150 gram Propan en een efficiëntie vergelijkbaar met bestaande “best in class” lucht- water-warmtepompen.



*Figuur 4: Foto's van het HP-Launch prototype en positionering van componenten.  
N.B: Gedurende de metingen waren de leidingen en compressor geïsoleerd met Armaflex.*

#### Meer info:

Voor meer informatie wordt verwezen naar de volgende rapporten:

- HP-Launch heat pump design: Re/genT Report\_20143\_RO03\_V1
- Measurement prototype: Re/genT Report\_20202\_RO04\_V1
- Measurement reference heat pump: Re/genT Report\_20105\_RO02\_V2
- Measurement set-up air water heat pumps: Re/genT Report\_20104\_RO01\_V1
- Performance calculation model: Re/genT Note\_20201\_RO04\_V1

Auteur: Marcel van Beek, research engineer, Re/genT ([marcel.van.beek@re-gent.nl](mailto:marcel.van.beek@re-gent.nl), tel: +31 (0)492 476369, [website Re/genT](http://website Re/genT))