

Anna van Buerenplein 1  
2595 DA Den Haag  
Postbus 96800  
2509 JE Den Haag

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 00 00

## TNO-rapport

**TNO 2017 R11080**

## Roadmap Warmtepompen

Datum	13 september 2017
Auteur(s)	Guus Mulder Corine Bonte Arie Kalkman Charlotte Smit-Rietveld
Exemplaarnummer	TNO 2017 R11080
Oplage	n.v.t.
Aantal pagina's	15 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	TKI Urban Energy
Projectnaam	Roadmap Warmtepompen
Projectnummer	060.24808

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2017 TNO

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Methode</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Roadmap</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Uitwerking innovatielijnen</b> .....	<b>6</b>
4.1	Smart Grid compatibiliteit .....	6
4.2	Integratie met andere installaties (aansturing ICT) .....	6
4.3	Integratie met andere installaties (fysiek) .....	7
4.4	Rendements-verhoging .....	7
4.5	Booster warmtepomp.....	8
4.6	Integratie met bouwdelen .....	8
4.7	Koudemiddelen .....	9
4.8	Geluidsreductie .....	9
4.9	Alternatieve warmtepomptechniek .....	10
4.10	Innovaties in productielijn / opschaling .....	11
4.11	Bufferen warmte .....	11
4.12	Overige onderwerpen die zijn benoemd .....	12
<b>5</b>	<b>Overige aandachtspunten</b> .....	<b>13</b>
5.1	Schaarste goede installateurs .....	13
5.2	Regelgeving .....	13
5.3	Ketenintegratie .....	13
5.4	Bewustwording .....	13
5.5	Normstelling .....	14
5.6	Toenemende behoefte aan koeling .....	14
5.7	Samenwerking .....	14
5.8	Verschuiving van product naar service.....	14
5.9	Controle over het bouwproces.....	14
<b>6</b>	<b>Conclusie</b> .....	<b>15</b>

# 1 Inleiding

De gebouwde omgeving verandert de komende jaren naar CO<sub>2</sub> neutraal. Dit vraagt met name een “warmtewende” en biedt een vertienvoudiging van de markt voor warmtepompen t.b.v. ruimteverwarming en warm tapwater. Levert Ikea de renovatieproducten met warmtepompen van morgen? Wat is er voor nodig om topspelers te zijn én blijven in de warmtewende? Hoe versnellen we en welke innovaties zijn nodig?

De Topsector Energie biedt jaarlijks 100 miljoen euro subsidie aan projecten en onderzoek op het gebied van energie-innovaties. Op basis van de innovatieagenda stelt TKI Urban Energy jaarlijks een innovatieprogramma op voor het daaropvolgende kalenderjaar. Dit doet zij in nauwe samenwerking met gerenommeerde bedrijven en kennisinstellingen die op dit gebied actief zijn.

Zowel in het programma van TKI Urban Energy als bij partnerorganisaties zoals de Stroomversnelling zijn Nederlandse innovaties op warmtepompen actief, maar beperkter dan mogelijk. Blijkbaar sluit het programma en de bijbehorende subsidieregeling nog onvoldoende aan op de behoefte uit de markt.

TKI Urban Energy nodigen daarom gerenommeerde producenten, afnemers en gebruikers van warmtepompen uit voor het opstellen van een roadmap die geschikt is voor gerichte samenwerking en als basis voor subsidies.

De warmtepompen waar deze rapportage zich op richt zijn de warmtepompen zoals die overwegend in de woningmarkt worden toegepast bij de transitie van aardgas naar een all-electric infrastructuur. Deze warmtepompen benutten als bron een vorm van omgevingswarmte, waarmee een temperatuurniveau van ca. 35-60 °C wordt gerealiseerd ten behoeve van ruimteverwarming en warmtapwater.

Het resultaat vind u in dit rapport. In hoofdstuk twee is de methode beschreven. De schematische weergave van de roadmap is weergegeven in hoofdstuk drie. In hoofdstuk vier worden de verschillende onderdelen verder uitgewerkt. In hoofdstuk vijf zijn niet-R&D vraagstukken die ter sprake zijn gekomen weergegeven.

## 2 Methode

Een belangrijk uitgangspunt van de roadmap is dat de uitkomsten worden gedragen door de Nederlandse warmtepompleveranciers en dat deze de roadmap ook daadwerkelijk gaan uitvoeren. De roadmap is dan ook in nauwe samenwerking met de Nederlandse warmtepompleveranciers opgesteld. Hierbij zijn de volgende activiteiten ondernomen:

- Een startbijeenkomst waarin producenten, afnemers en gebruikers van warmtepompen met elkaar in gesprek gingen over de huidige ontwikkelingen en toekomstige wensen voor warmtepompen.
- Een interview met producenten van warmtepompen om de specifieke innovatie behoefte van deze producent te bespreken en wensen voor samenwerking in het innovatieprogramma van TKI Urban Energy.
- Een toets van de resultaten per producent en een prioritering van de genoemde innovatielijnen in de tijd door de producent.
- Een slotbijeenkomst waarin de resultaten zijn gepresenteerd en waar een match is gemaakt tussen verschillende producenten die gezamenlijk de innovaties vorm willen geven.

De resultaten zijn weergegeven in deze rapportage.

### 3 Roadmap

Hieronder is de roadmap en de relatie tussen de verschillende onderdelen schematisch weergegeven.

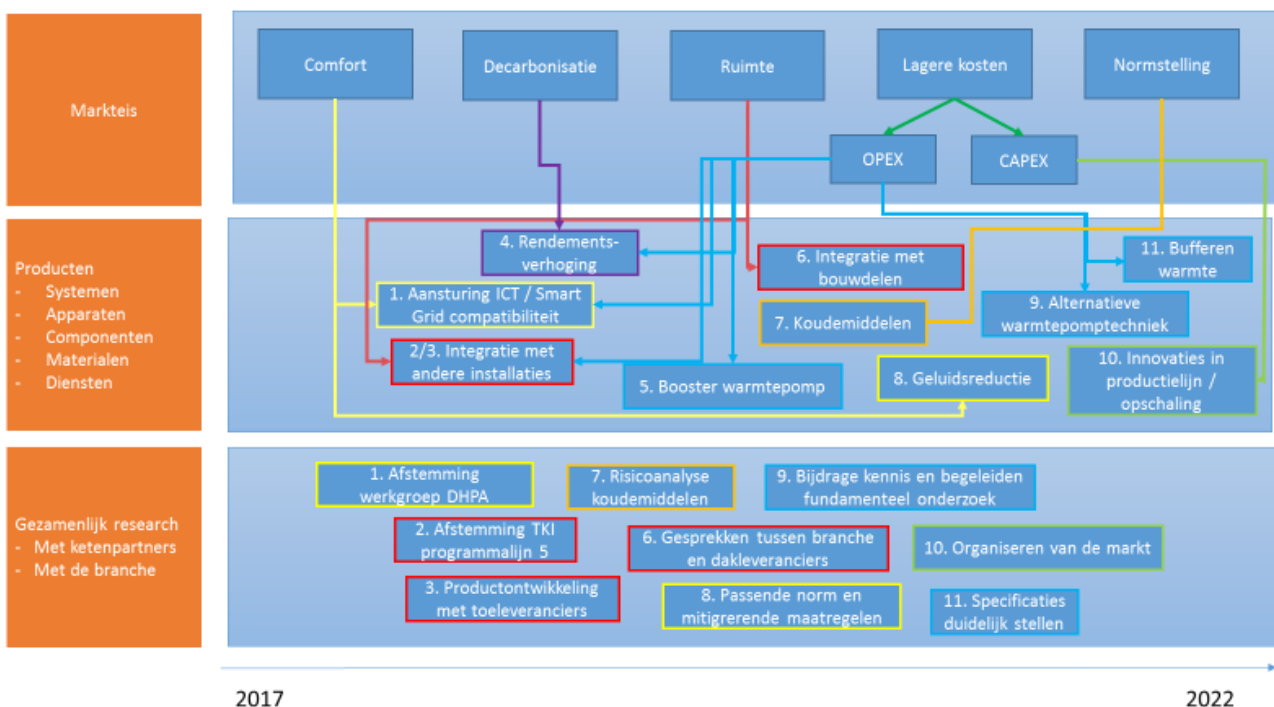
De roadmap bestaat uit drie lagen:

- Markteis: in deze laag is de markteis weergegeven die de drijvende kracht is achter de innovatie op productniveau.
- Producten: in deze laag zijn de innovatielijnen weergegeven die antwoorden moeten geven op de vragen uit de markt.
- Gezamenlijke research: buiten dat de verschillende warmtepomp producenten afzonderlijk van elkaar research en development op de verschillende innovatielijnen ontplooiën zijn er ook gezamenlijke activiteiten nodig. Hiermee kunnen de ontwikkelingen worden versneld en kunnen de kosten worden gedeeld. Deze gezamenlijke activiteiten staan in deze laag omschreven.

Kleurcodering: Elke markteis heeft een apartekleur gekregen. De producten en gezamenlijke research die hiermee samenhangen hebben dezelfde kleur gekregen zodat de samenhang duidelijker wordt.

Nummering: De nummering van producten correspondeert met de nummering van het benodigde gezamenlijke research voor die producten. Bijvoorbeeld gezamenlijk research 2a en 2b worden uitgevoerd in het kader van product 2: integratie met andere installaties.

De verschillende onderdelen die op de roadmap staan weergegeven worden in hoofdstuk 4 verder uitgewerkt (met dezelfde nummering).



## 4 Uitwerking innovatielijnen

In dit hoofdstuk worden de innovatielijnen uit de roadmap kort toegelicht.

### 4.1 Smart Grid compatibiliteit

#### 4.1.1 Doel

Warmtepompen zouden opgenomen moeten kunnen worden in een smart grid, zodat vraag kan worden afgestemd op aanbod en pieken kunnen worden afgevlakt. Om dit op gang te brengen zou standaardisatie en een communicatieprotocol kunnen bijdragen (zie paragraaf 4.2). Er bestaan al anticiperende warmtepompen in bijv. Zweden, maar nog niet in Nederland. Smart Price Adaption. (SPA) is hierbij cruciaal. In Zwitserland hebben warmtepompproducenten dit samen met de energieleveranciers tot stand gebracht.

#### 4.1.2 Gezamenlijke research

De branchevereniging DHPA heeft op dit onderwerp al een werkgroep opgestart, waarin warmtepomp leveranciers samenwerken met netbeheerders. Deze werkgroep richt zich in eerste instantie voornamelijk op standaardisering en het organiseren van de lobby om prijsdifferentiatie op de elektriciteitsmarkt mogelijk te maken. Naast de huidige activiteiten van de werkgroep zouden de gezamenlijke warmtepompfabrikanten ook binnen het TKI programma op dit onderwerp kunnen inzetten op ontwikkeling van innovaties Bijvoorbeeld rondom het gezamenlijk bepalen van de mogelijk nieuwe businessmodellen rondom dit thema. Een mogelijke inzet kan worden besproken met de voorzitter van de werkgroep.

### 4.2 Integratie met andere installaties (aansturing ICT)

#### 4.2.1 Doel

Verschillende installaties zouden dezelfde taal moeten praten, zodat zij makkelijk aan elkaar te koppelen zijn. Met name in een systeem met meerdere bronnen en buffering is het van belang de aansturing goed te regelen. Maar ook in de huidige situatie zijn verschillende installaties ( met name ventilatie) in toenemende mate van elkaar afhankelijk en is rendementsverbetering te behalen wanneer zij met elkaar kunnen communiceren. Door standaardisatie van de aansturing (à la opentherm) kunnen verschillende installaties van verschillende leveranciers beter met elkaar samenwerken. Dit geldt ook in toenemende mate voor de koppeling met verschillende sensoren, bijvoorbeeld op de mobiele telefoons.

#### 4.2.2 Gezamenlijke research

In programmaliijn 5 (energieregelsystemen en -diensten) van de TKI is dit onderwerp geagendeerd. De bedrijven kunnen hierop voorstellen ontwikkelen.

### 4.3 Integratie met andere installaties (fysiek)

#### 4.3.1 Doel

Integratie met andere installaties komt op twee manieren tot uitdrukking. 1) het bij elkaar plaatsen van verschillende installaties en 2) het combineren van verschillende functies in één installatie:

Elke installatie zit nu in een eigen behuizing. Dit is nu ook nodig om aan de veiligheidsregelgeving te voldoen. Deze behuizing is een relatief duur onderdeel van de installatie. Bovendien neemt deze veel ruimte in. Door standaard behuizingen te maken waarin verschillende installaties kunnen worden geplaatst kan in ruimte en kosten worden bespaard. Ook kunnen installaties zo makkelijker gebruik maken van gezamenlijke voorzieningen, bijvoorbeeld een dakdoorvoer, voor luchtaan/afvoer. Bovendien kan dit het installeren (zie paragraaf 0) vereenvoudigen.

Daarnaast wordt voorzien dat warmtepompen in toenemende mate zullen worden geïntegreerd met het ventilatiesysteem en warmteterugwinning (WtW) systemen. Beide aspecten sluiten ook goed aan bij de wens bij verschillende nul-op-de-meter concepten voor een integrale oplossing voor de installaties.

#### 4.3.2 Gezamenlijke research

Deze twee aspecten kunnen in samenwerking met andere toeleveranciers worden ontwikkeld. Het heeft de voorkeur dat warmtepompleveranciers in het ontwikkelen van een standaard behuizing gezamenlijk optrekken om de positie van de warmtepomp voldoende te waarborgen. Hiervoor moeten de warmtepompleveranciers zich organiseren, bijvoorbeeld binnen DHPA verband. De integratie van warmtepompen met ventilatiesystemen en WtW kan worden opgepakt door clusters van fabrikanten en relevante toeleveranciers.

### 4.4 Rendements-verhoging

#### 4.4.1 Doel

Rendementsverhoging van de warmtepomp een betere economische positie van de warmtepomp realiseren ten opzichte van de HR-ketel. Rendement is ook van belang omdat warmtepompen via de nu nog deels op fossiele energie gebaseerde benodigde elektriciteit meer CO<sub>2</sub> kunnen uitstoten dan HR ketels. Ook voor een wel volledig duurzame elektriciteitsvoorziening is rendement belangrijk voor het beperken van kosten en ruimtegebruik van die duurzame opwekking. Hierbij blijft warmtapwaterbereiding een uitdaging. Vanuit de warmtepompproductanten wordt aangegeven dat met verschillende compressortechnieken nog 10-15% valt te halen. Ook bijvoorbeeld met het gebruik van propaan als (natuurlijk) koudemiddel is 10% verbetering van de efficiency mogelijk.

Rendementsverhoging komt door interne techniek (zie ook paragraaf 4.9), maar ook door het beter integreren met andere installaties (zie paragraaf 4.2) en verschillende aansturingstechnieken (zie paragraaf 4.1). Hierbij is met name het optimaliseren van de afgifte en de bron van belang.

#### 4.4.2 Gezamenlijke research

De verschillende technieken waarmee de genoemde rendementsverhogingen behaald kan worden zijn beschikbaar. Het is de eigen keuze van een warmtepompleverancier om deze techniek toe te passen, en hiermee tegen

meerkosten een hogere COP te behalen. Omdat dit differentiatie is binnen het bestaande warmtepompproduct leent dit zich niet voor gezamenlijke research.

#### **4.5 Booster warmtepomp**

##### *4.5.1 Doel*

De boosterwarmtepomp is een toestel voor toepassing bij lage temperatuur restwarmtenetten. De restwarmtelevering voorziet in de ruimteverwarming, de boosterwarmtepomp levert warm tapwater met restwarmte als bron.

##### *4.5.2 Gezamenlijke research*

Vanuit de partijen aan tafel wordt aangegeven dat hierop geen gezamenlijke inzet nodig is. Er zijn op dit moment twee of drie boosterwarmtepompen op de markt. Vanuit individuele aanbieders lijkt er interesse om deze verder te ontwikkelen.

#### **4.6 Integratie met bouwdelen**

##### *4.6.1 Doel*

Op dit moment zijn woningen in Nederland niet ontworpen voor de toepassing warmtepompen. Warmtepompleveranciers zijn nu elke keer opnieuw het wiel aan het uitvinden met elke architect of bouwer. Het is vanuit de markt (huiseigenaren) wenselijk dat het ruimtebeslag van de warmtepomp in principe niet groter is dan van een cv-ketel. De onderdelen moeten worden 'verkleind' en voornamelijk op de incurante beschikbare ruimten kunnen worden weggewerkt (achter knieschot, in kruipruimte, in bouwdelen.)

##### *4.6.2 Gezamenlijke research*

Hierbij zijn leveranciers van daken het meest interessant. Het gaat dan om integratie van het buitendeel van de luchtwarmtepomp en de doorvoer die nodig is voor de bodemwarmtepomp. De afzonderlijke warmtepompleveranciers zijn voor de producenten van prefab bouwdelen niet interessant genoeg om mee samen te werken. Dan moeten zij voor elke leverancier een aparte standaard hanteren. Door gezamenlijk het gesprek aan te gaan kunnen standaard uitsparingen worden gedefinieerd waar de verschillende merken in passen. Hierbij zou ook aan de kant van de dakleveranciers met meerdere partijen tegelijk afspraken kunnen worden gemaakt.

Eenzelfde gesprek kan worden opgezet met fabrikanten van betonplaten (vloeren), voor het toepassen van betonactivering.

De TKI zou als onafhankelijke partij een rol kunnen spelen bij het initiëren en begeleiden van deze gesprekken.

Vanuit de branche zijn Techneco, Remeha, Nathan Systems, Itho Daalderop en Inventum geïnteresseerd om aan een dergelijk gesprek deel te nemen.

Innovaties voor gebouwintegratie zijn in het TKI programma geagendeerd in programmaliijn 3.



## 4.7 Koudemiddelen

### 4.7.1 Doel

Vanwege milieubelasting van de op dit moment toegepaste koudemiddelen wordt er naar alternatieven gekeken. Er zijn verschillende alternatieven mogelijk. Een kansrijk alternatief is R290 propaan. Dit heeft als nadeel dat het, onder de huidige regelgeving, maar in een heel beperkt volume in woningen mag worden toegepast. Mits het mag worden toegepast is hiermee 10% verbetering van de efficiency mogelijk. Een ander alternatief het toepassen van CO<sub>2</sub> als koudemiddel. Een warmtepomp met CO<sub>2</sub> als koudemiddel presteert het beste bij een grote delta T; hoe groter, hoe hoger het rendement. Hiervan staan er veel in Japan. De verwachting bij de betrokken warmtepompproductanten is dat deze ook voor de Nederlandse markt geschikt kan zijn.

### 4.7.2 Gezamenlijke research

De keuze voor het toe te passen koudemiddel ligt bij de individuele producenten. Gezamenlijk zou gekeken kunnen worden naar een risicoanalyse van de verschillende koudemiddelen met oplossingen voor de beperking van die risico's. Op basis van deze risicoanalyse kunnen normen gesteld worden aan de toepassing van de verschillende koudemiddelen zodat duidelijk is hoe deze veilig kunnen worden toegepast. Innovaties op het gebied van koudemiddelen zijn geagendeerd in TKI programmalijn 2 warmte/koudeinstallaties.

## 4.8 Geluidsreductie

### 4.8.1 Doel

in de bestaande bouw is geluid een belangrijk aspect t.a.v. comfort. 95% van het geluid komt uit het buitendeel van luchtwarmtepompen. Het probleem met geluid wordt veroorzaakt door de toepassing van te goedkope onderdelen. Op dit moment prijs een bedrijf zich uit de markt wanneer het de benodigde kwaliteit onderdelen toepast. Bij grotere verkoopaantallen van warmtepompen in Nederland is het prijsverschil beter op te vangen. In Oostenrijk en Zwitserland gelden veel hogere geluidseisen, waardoor de minimum kwaliteit van warmtepompen voldoende is om geen geluidsoverlast te geven.

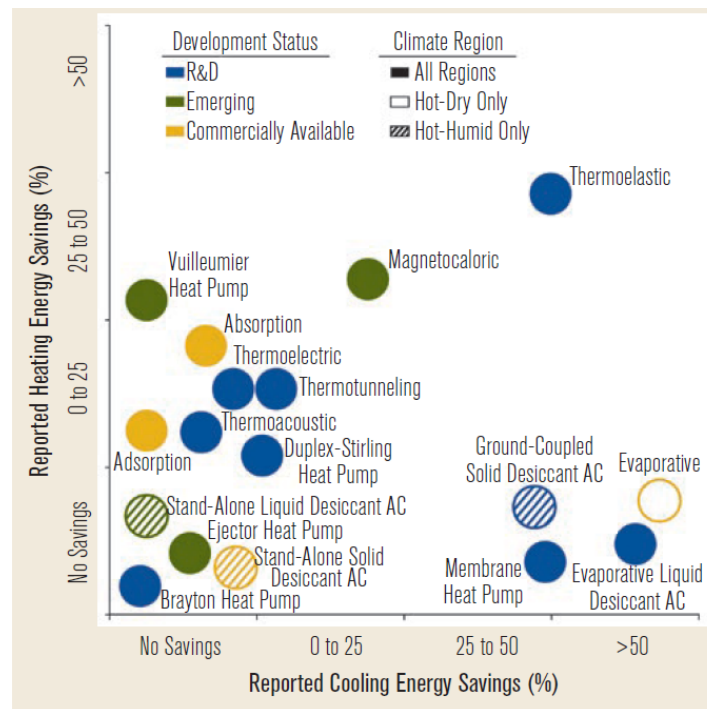
### 4.8.2 Gezamenlijke research

Geluid is een vaak gehoord bezwaar tegen een warmtepomp. Zolang goedkope warmtepompen, waar men in de regel voor kiest, teveel geluid produceren zal dit niet worden weggenomen. Warmtepompproductanten zouden zich samen in moeten zetten voor het stellen van een passende norm voor de geluidsproductie van warmtepompen. Daarnaast zou gezamenlijk gekeken kunnen worden naar andere mitigerende maatregelen, zoals anti-geluid. Ontwikkeling van innovaties voor geluidsreductie zijn geagendeerd in het TKI programma (programmalijn 2 warmte/koude installaties). Fabrikanten kunnen projectvoorstellen hiervoor indienen.

## 4.9 Alternatieve warmtepomptechniek

### 4.9.1 Doel

Naast de compressiewarmtepomp die op dit moment in Nederland wordt toegepast zijn er meerdere alternatieve warmtepomptechnieken. Deze technieken verschillen met name in het rendement dat kan worden gehaald. Een overzicht van deze technieken en de verwachte besparingen voor verwarming en koeling staan in onderstaand overzicht van William Goetzler (e.a.).



Bron: Alternatives to Vapor-Compression HVAC Technology, William Goetzler, et al (2014)

In Nederland wordt er gewerkt aan de akoestische warmtepomp en de magneto-calorische warmtepomp.

De ontwikkelaar van akoestische warmtepomptechnologie in het TKI programma geeft aan dat het verwachte rendement het belangrijkste voordeel oplevert ten opzichte van de compressiewarmtepomp. Andere voordelen zijn dat er minder kwetsbare onderdelen in zouden zitten en dat hij inzetbaar is op een willekeurig temperatuur bereik.

Daarnaast worden op dit moment de mogelijkheden van magneto-calorische warmtepompen onderzocht. In potentie heeft deze een hogere COP dan een compressiewarmtepomp. Voor deze technologie is eerder een [technologieroadmap](#) opgesteld binnen het TKI project [Meerjarenprogramma CCO](#).

### 4.9.2 Gezamenlijke research

De verschillende warmtepomp producenten dragen graag bij in kennis aan fundamenteel onderzoek, om ervoor te zorgen dat dit aansluit op hun behoefte, maar kunnen hier niet in investeren.

## **4.10 Innovaties in productielijn / opschaling**

### *4.10.1 Doel*

De productie van warmtepompen in Nederland is op dit moment beperkt. Zeker wanneer dit wordt afgezet tegen de aantallen die worden voorgespiegeld in het kader van de energietransitie. Wanneer deze vraag daadwerkelijk los komt zal de productie van warmtepompen dienen te worden aangepast. Eenzelfde ontwikkeling heeft de CV en de HR ketel in het verleden doorgemaakt. Door de deelnemende warmtepompproducenten wordt de ambitie uitgesproken dat bij vergelijkbare productieaantallen, de kostprijs voor een warmtepomp, gelijk moet kunnen zijn aan de prijs voor een HR ketel.

### *4.10.2 Gezamenlijke research*

Vanuit de partijen aan tafel wordt aangegeven dat hierop geen gezamenlijke inzet op technologie nodig is, dat doet elk individueel bij voldoende aantallen. Wel kan de markt worden georganiseerd, naar voorbeeld van de stroomversnelling om de aantallen te halen die nodig zijn voor het rechtvaardigen van de investering in de productielijn om deze belofte waar te maken.

## **4.11 Bufferen warmte**

### *4.11.1 Doel*

Het type en de omvang van de te ontwikkelen warmteopslag zijn afhankelijk van de behoefte uit de markt. Op dit moment zijn er grofweg drie manieren van opslag mogelijk: opslag in water, PCM (Phase Change Materials) en TCM (Thermo Chemische Materialen). Hiermee kan warmte gedurende een dag, week of seizoen worden opgeslagen. Op dit moment wordt door de betrokken warmtepompproducenten de opslag gedurende een week als de meest aantrekkelijke gezien.

Voor de keuze voor welke technologie moet worden gekozen is het belangrijk scherp te hebben aan welke specificaties deze moet kunnen voldoen.

### *4.11.2 Gezamenlijke research*

De verschillende warmtepomp producenten dragen graag bij in kennis aan fundamenteel onderzoek, om ervoor te zorgen dat dit aansluit op hun behoefte, maar kunnen hier niet in investeren. Voor de ontwikkeling van en de keuze voor verschillende technologieën voor warmteopslag is het van groot belang dat de gewenste specificaties duidelijk zijn. Deze specificaties voor verschillende toepassing van warmteopslag dienen door de sector duidelijk te worden omschreven. Hierbij wordt opgemerkt dat PCM materialen beschikbaar zijn op veel verschillende temperatuurniveaus, waardoor de combinatie met de temperatuurniveaus die de warmtepomp levert gemaakt kan worden. TCM zijn tot dusver vooral gericht op opslag van zonnewarmte (laadtemperatuur ca. 80 C), een temperatuur die niet aansluit op het temperatuurniveau dat wordt geleverd door de warmtepompen

#### 4.12 Overige onderwerpen die zijn benoemd

Overige onderwerpen die zijn benoemd zijn:

- Ventilatie en binnenklimaat,
- Monitoring en 'predictive maintenance'
- Verminderen van de overlast bij het installeren
- Toevoegen van tapwater
- Compacter maken van de warmtepomp
- Plug & play: eenvoudiger installeren
- Toevoegen additionele bronnen

Omdat deze onderwerpen slechts door een beperkt aantal partijen zijn benoemd zijn deze niet in de roadmap opgenomen voor gezamenlijke research. Innovaties door kleinere clusters, bijvoorbeeld warmtepompfabrikant samen met ketenpartners, kunnen wel worden ontwikkeld in het TKI programma.

## 5 Overige aandachtspunten

Naast de R&D vraagstukken die in de roadmap zijn weergegeven zijn er ook nog een aantal, meer randvoorwaardelijke, onderwerpen in de interviews benoemd. Deze staan hieronder in hoofdlijnen uitgewerkt.

1. Schaarste goede installateurs
2. Regelgeving
3. Ketenintegratie
4. Bewustwording
5. Normstelling
6. Toenemende behoefte aan koeling
7. Samenwerking
8. Verschuiving van product naar service
9. Controle over het bouwproces

### 5.1 Schaarste goede installateurs

Tijdens het installeren van de installatie gaat nog veel fout. Oplossingen zijn betere opleiding van installateurs en strategische samenwerking en het zoveel mogelijk vereenvoudigen van de installatie van de warmtepomp.

### 5.2 Regelgeving

De Nederlandse regelgeving stelt hoge eisen in vergelijking tot het buitenland. We zouden moeten bekijken of dit terecht is. Voorbeelden van regelgeving om te bekijken zijn: Nederlandse Praktijkrichtlijn gebruik natuurlijke koudemiddelen, eisen aan warmtapwater toelevering in het bouwbesluit. Tegelijkertijd zouden er hogere eisen moeten worden gesteld aan geluid, om te voorkomen dat het negatieve sentiment dat ontstaat door toepassing van goedkope elementen de bovenhand krijgt.

### 5.3 Ketenintegratie

Op meerdere vlakken is ketenintegratie nodig om aan de vraag (prijs, kwaliteit en functionaliteit) te kunnen voldoen. Hierbij valt te denken aan (energiemonitoring) maar ook aan vergaande samenwerking met ontwikkelaars en installateurs.

### 5.4 Bewustwording

Particulieren worden zich steeds meer bewust van het feit dat we gasloos gaan, echter het gemak van een ketel is groter dan dat mensen overstappen naar een warmtepomp. Bij heel veel particulieren leeft het nog niet en ook installateurs promoten de warmtepomp nog onvoldoende. De branche zou gezamenlijk bewoners bewust moeten maken van de mogelijkheden.

## 5.5 Normstelling

Aannemers en installateurs zijn soms meer bezig met normen dan met wat een klant verder belangrijk vindt. In ontwerpproces wordt ontworpen op het zo efficiënt mogelijk behalen van de norm. Hierbij is het van belang dat verschillende componenten worden opgenomen, maar niet dat deze goed met elkaar samenwerken. In de praktijk leidt dit ertoe dat de installatie niet goed functioneert en meer energie gebruikt dan nodig. Er zou een verschuiving moeten plaatsvinden van dat er zo goed mogelijk gebouwd wordt, i.p.v. 'zo slecht als mag'.

## 5.6 Toenemende behoefte aan koeling

De woning v/d toekomst heeft waarschijnlijk veel meer behoefte aan koeling dan aan warmte. Ontwikkelande partijen en gebouweigenaren zouden hier meer van bewust moeten worden gemaakt.

## 5.7 Samenwerking

Samenwerking met concullega's is niet gemakkelijk omdat men niet makkelijk praat over de ontwikkelingen waar men zelf mee bezig is. De warmtepomp is nog niet heel gangbaar, waardoor meer aanbod door samenwerking de markt positief zou kunnen beïnvloeden.

## 5.8 Verschuiving van product naar service

Vroeger werd er iets gemaakt en verkocht, nu vindt er een verschuiving plaats naar zowel het zijn van leverancier van kennis en service en het zijn van een leverancier van functionaliteit. Hierbij sluit je een contract af met de klant voor een bepaalde tijd, waarbij je bijvoorbeeld 'warmte' levert. Wanneer er op basis van service en waardecreatie gedacht wordt, zou je de service nog verder uit kunnen breiden door dit te combineren met ventilatie (zoals bijvoorbeeld in de opslaghallen van IKEA gebeurt), of luchtkwaliteit, waarbij je bijvoorbeeld de belofte doet dat het aantal stofdeeltjes in de lucht onder een bepaald maximum blijft. In dergelijke gevallen wordt de leverancier steeds meer 'klimaatleverancier' in plaats van productleverancier.

## 5.9 Controle over het bouwproces

Een groot gedeelte van de problemen die men tegenkomt bij de installatie van een warmtepomp is bouwkundig. Bijvoorbeeld het goed aanleggen van de ventilatiekanalen. Oplossingen is meer strategische samenwerking met vaste aannemers.

## 6 Conclusie

Op basis van de gesprekken met verschillende warmtepomp producenten komen wij tot de volgende observaties:

Het leveren van duurzame warmte voor woningen is één van de belangrijkste uitdagingen voor de energietransitie. Lang niet alle woningen zullen worden aangesloten op een warmtenet en nog minder woningen zullen gestookt gaan worden op biogas. De productie van warmte uit elektriciteit is essentieel in een all-elektrisch oplossing die voor de rest van de gebouwde omgeving wordt voorzien. De warmtepomp heeft hiervoor goede papieren, mits het ook financieel en qua comfort de beste oplossing biedt. Om de toepassing van warmtepompen een vlucht te laten nemen is in de eerste plaats een verandering van het speelveld nodig, waardoor aardgas niet langer de te prefereren energiedrager voor warmte is. De initiatieven rondom aardgasloze wijken wijzen erop dat hier in de nabije toekomst invulling gaat worden gegeven. Om deze omslag mogelijk te maken, moet de warmtepomp een zo verleidelijk mogelijk alternatief vormen. De TKI Urban Energy is van mening dat het huidige productaanbod hiervoor verder moet worden verbeterd.

Uit het uitgevoerde onderzoek blijkt, dat de ambitie en boodschap van de TKI dat innovatie op productniveau noodzakelijk is om de belofte van de warmtepomp in de energietransitie waar te maken, niet aan sluit bij de huidige prioriteiten van de Nederlandse warmtepompsector. De sector richt zich op de uitrol van bewezen concepten, en de hiervoor benodigde procesinnovatie en marktontwikkeling in de bouw.

De Nederlandse leveranciers van buitenlandse producten zijn volledig afhankelijk van de ontwikkelingen bij de buitenlandse producent. Als leverancier kan men suggesties aandragen, maar niet zelf investeren in R&D.

Productie van warmtepompen in Nederland betreft voornamelijk de assemblage van ingekochte componenten tot een werkend product, passend voor de Nederlandse markt. Eigen innovaties betreffen daarom vooral het slim integreren en samenstellen van de totale warmtepomp en slim regelen in installaties en smart grids. Nederlandse warmtepompfabrikanten zijn gewend en genoodzaakt componenten in te kopen doordat zij relatief kleine aantallen warmtepompen leveren vergeleken met grote buitenlandse partijen. Doordat Nederlandse producenten gewend zijn componenten in te kopen staan zij relatief ver af van de ontwikkeling van nieuwe warmtepompprincipes. Innovatie op verschillende componenten van de warmtepomp vindt hoofdzakelijk plaats buiten Nederland. Dit zijn voornamelijk grote partijen elders in Europa en in Azië. Nederlandse producenten integreren deze componenten in hun product wanneer deze beschikbaar komen op de markt.

De verschillende warmtepompproducenten dragen graag bij in kennis aan fundamenteel onderzoek, om ervoor te zorgen dat dit aansluit op hun behoefte, maar kunnen hier niet in investeren.

Gezamenlijke Research en Development in een pre-concurrentieel stadium bedoeld om de kennispositie van Nederlandse bedrijven te versterken ten opzichte van het buitenland komt moeilijk van de grond, doordat de concurrentie op de beperkte markt zoals die er nu is groot is.