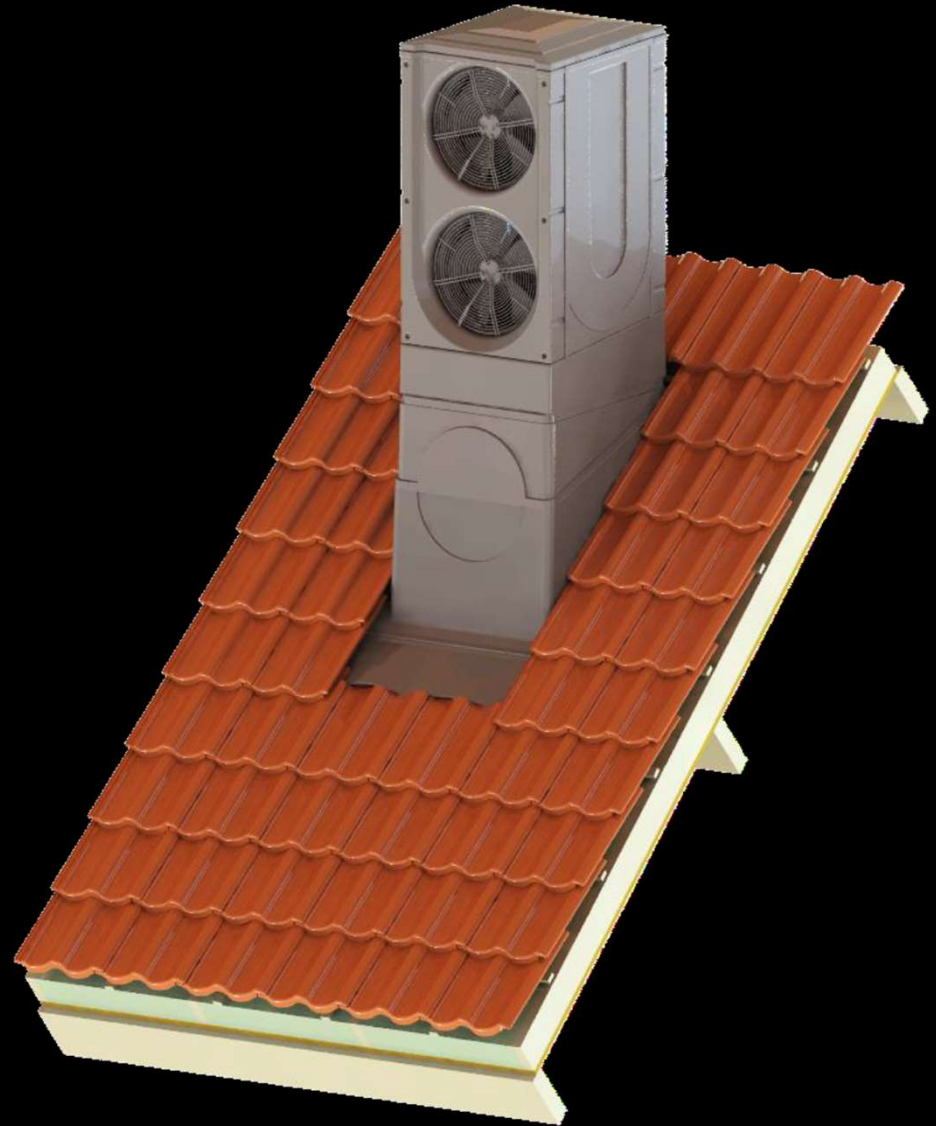


HP-Launch

Kennisdeling resultaten met fabrikanten
19-03-2020 (vervallen vanwege corona)



Agenda Kennisdeling HP-Launch

09:15 Inloop

09:30 Opening door Aart-Jan de Graaf, lector Meet- en regeltechniek

09.40 Doelstellingen en realisatie, Rob ter Steeg, senior onderzoeker

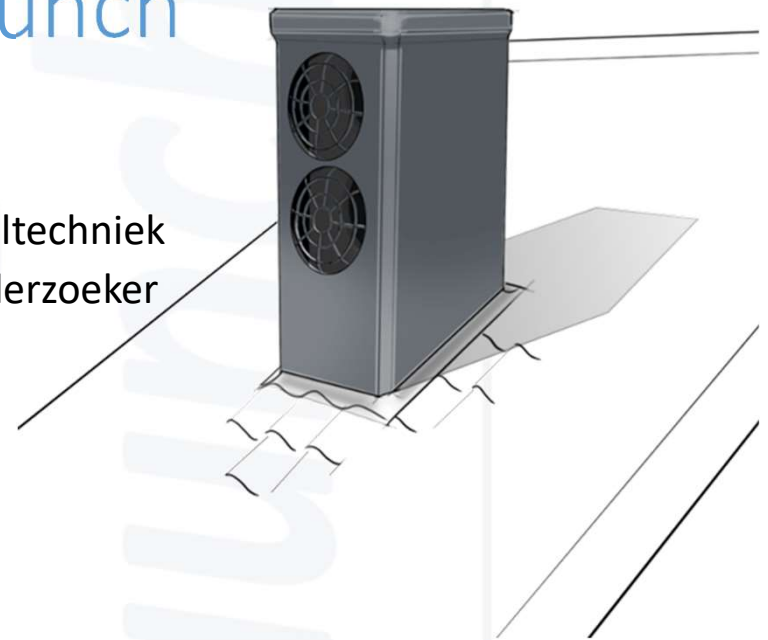
09.50 Technisch resultaat en aandachtspunten:

- Koudekringloop (Re/gent)
- Warmtewisselaars (Transferworks)
- Aansturing (HAN)
- Opbouw (MMID)

10.45 Pauze

11.00 Businesscase en vervolg (BDH en HAN)

- Wat is het kostenplaatje voor de gebruiker?
- Is de HP-Launch warmtepomp een aantrekkelijke propositie?
- Hoe kunnen de resultaten van HP-Launch het beste naar de markt gebracht worden?



Betrokken partijen



Projectcoördinatie
Regeltechniek en Modelling
Disseminatie



Koudetechniek



Regeltechniek en Modelling



Warmtewisselaars
Koudetechniek

ACHIEVING VALUE TOGETHER



Programma van eisen
Industrialisatie



Programma van eisen
Marktpositionering
Markt

• TKI-Urban Energy subsidie:

- Deelnemers zijn kennispartijen
- Delen resultaten met Nederlandse fabrikanten



van Arnhem en Nijmegen



ACHIEVING VALUE TOGETHER

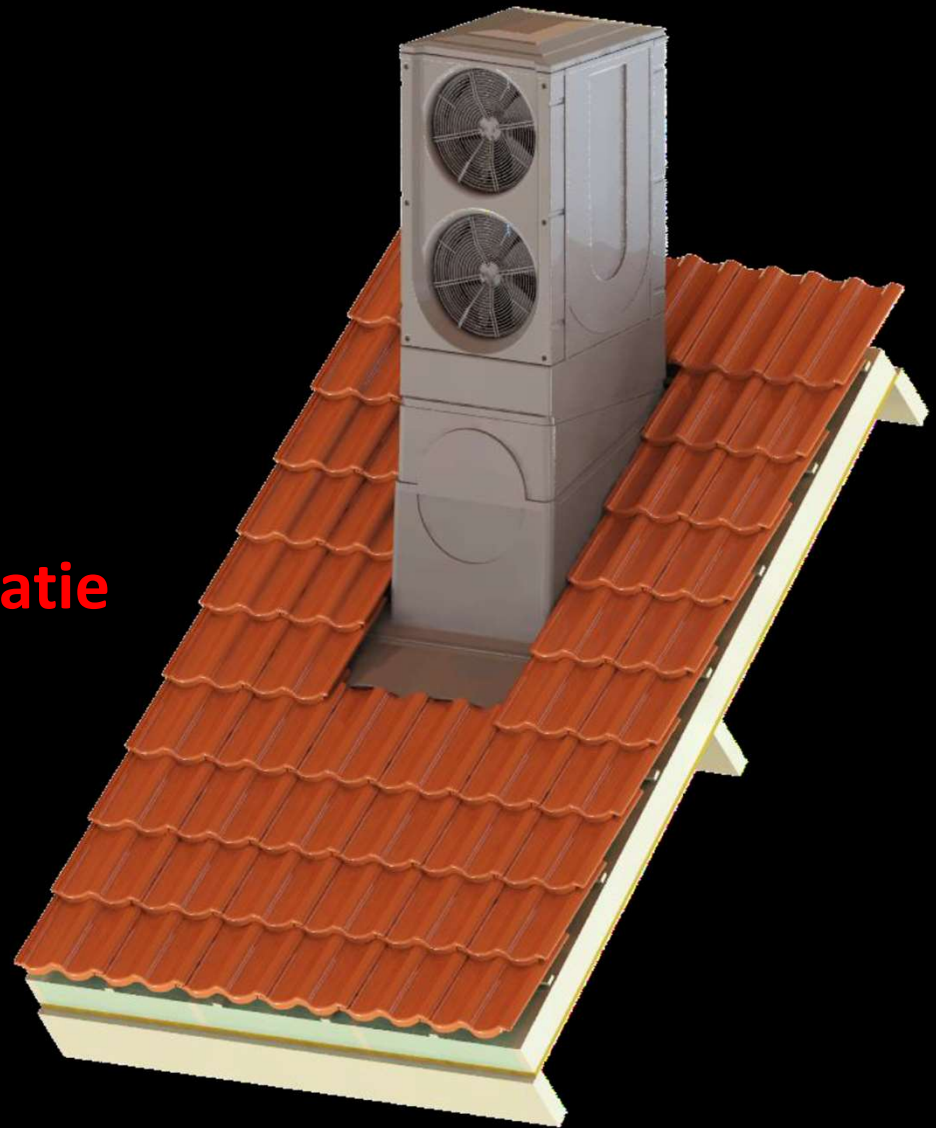


Vervolg

- Partijen hebben de intentie om het ontwerp verder te ontwikkelen:
 - Kennisdeling met fabrikanten stopt wat hen betreft niet bij deze bijeenkomst
 - Partijen zijn bereid om te ondersteunen bij verdere ontwikkeling
- Uitkomsten worden gebruikt als basis voor nieuwe onderzoeksprojecten:
 - Open source controller voor warmtepompen
 - MOOI subsidieprogramma

HP-Launch

Doelstellingen en Realisatie



HP-Launch aanpakken obstakels toepassing warmtepompen

1. Terugverdientijd:
 - a) Coëfficiënt of Performance
 - b) Kostprijs
2. Integratie van warmtepompen in Nederlandse woningen
 - a) Weinig ruimtebeslag
 - b) Locatie bestaande installatie
 - c) Geluidsoverlast
 - d) Kwaliteit elektriciteitsnet
3. Natuurlijke koudemiddelen
 - a) Beperking koudemiddelinhoud

Deze zijn niet expliciet benoemd in het projectplan:

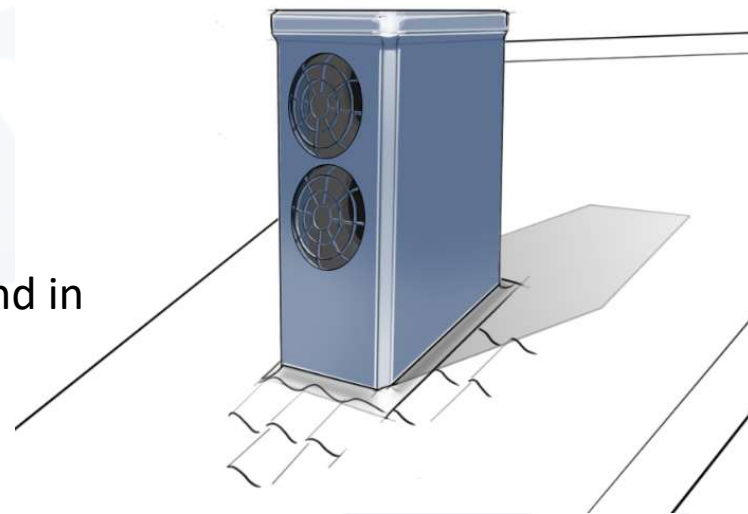
- Belang van de kwaliteit van het elektriciteitsnet is afgestemd met de Raad van Advies
- Geluid is gaandeweg het project belangrijker geworden

$$COP = \frac{\textit{Geleverde warmte}}{\textit{Benodigde elektrische energie}}$$



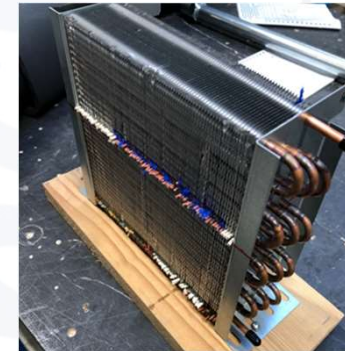
Uitgangspunten voor de ontwikkeling

- Resultaat van:
 - Stakeholder analyse
 - Analyse markt
- Eisen:
 - Systeem van 3-3,5KW
 - Warm tapwater is mogelijk, niet leidend in ontwikkeling
 - Warmtepomp is bereikbaar voor onderhoud
 - Dakmontage voor de warmtepomp
 - Hybride systeem als uitgangspunt
 - Noise level minimized

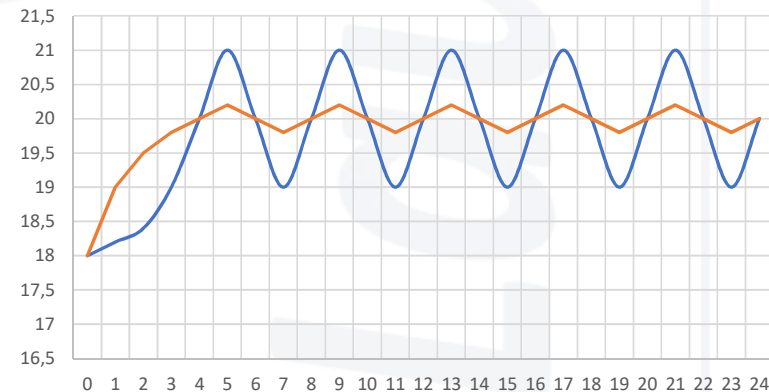


Verbeteren coëfficiënt of performance

- Koudetechnisch:
 - Op vollast geen grote verbeteringen:
 - Additionele warmtewisselaars zijn te duur en brengen te weinig op
 - Minimale koudemiddelinhoud is strijdig met maximaal rendement
 - Op deellast levert moduleren van ventilatoren voordeel:
 - Simulaties tonen belang deellast voor jaarprestatie aan.
 - Mogelijk hogere ventilatorsnelheid bij potentiële rijpvorming
 - Minichannel warmtewisselaar biedt voordelen
- Aansturing:
 - Hogere COP en hogere bijdrage warmtepomp door zeer strakke regeling temperatuur
 - Nauwkeurige bepaling invriezen

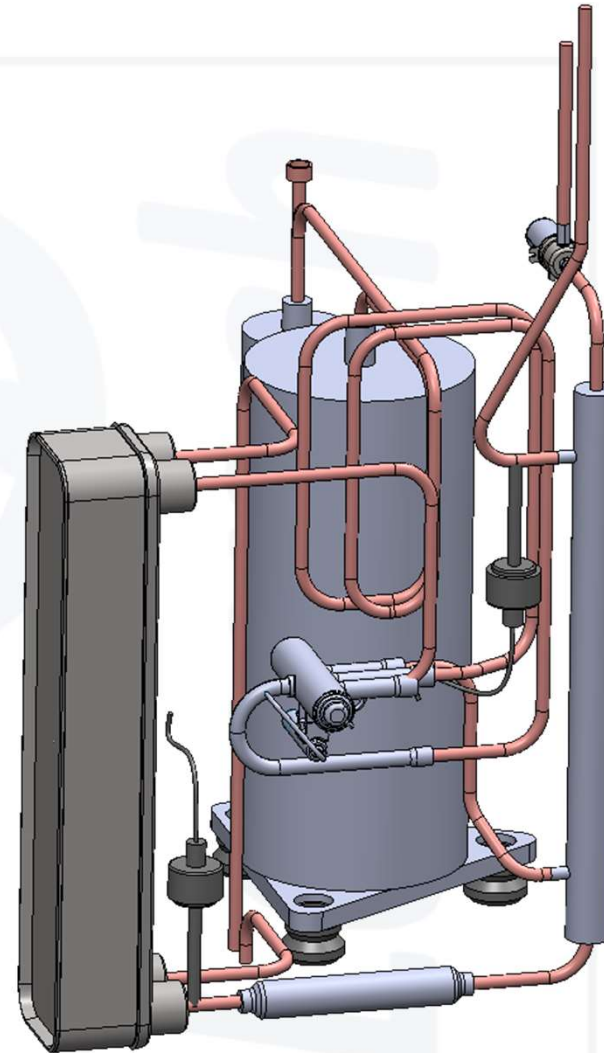


Verbeterde temperatuurscontrole



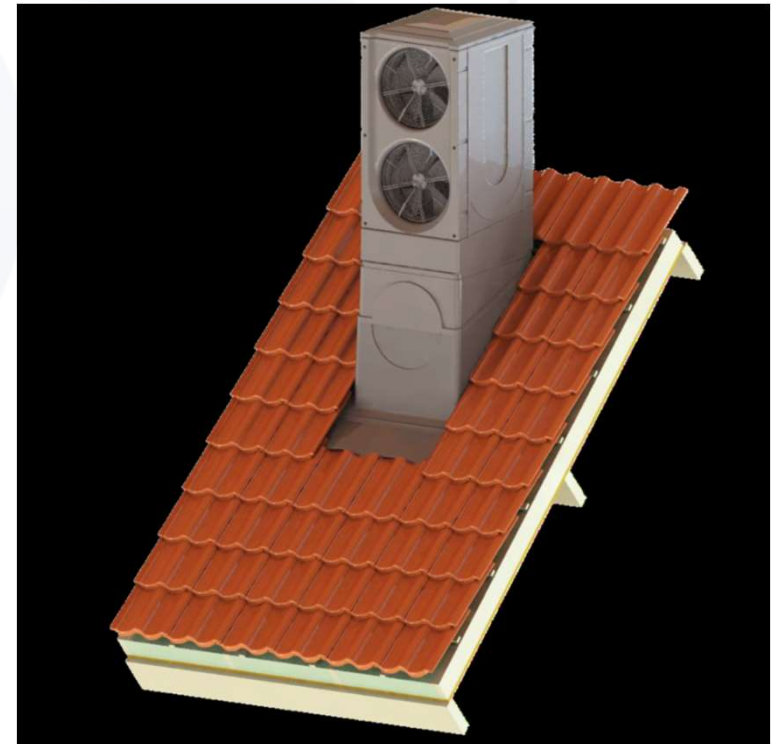
Kosten voor consument

- Kostprijs consument wordt beperkt door:
 - Product voor brede doelgroep
 - Eenvoudige gestandaardiseerde montage
 - Kleine compacte warmtepomp



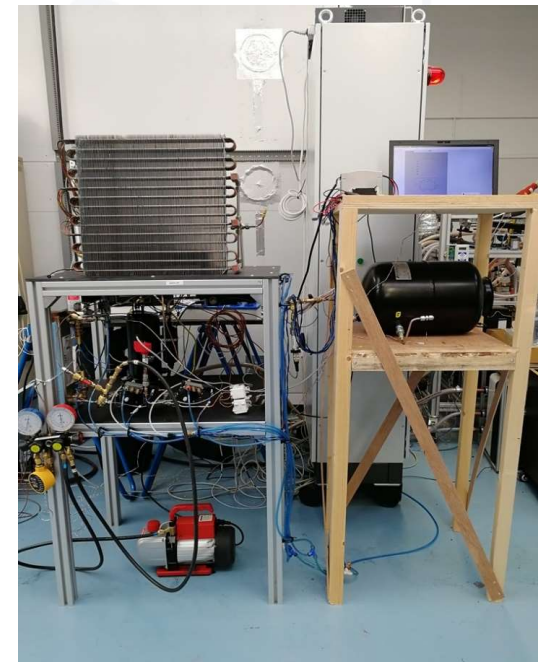
Integratie in Nederlandse woningen

- Gelukt:
 - Compacte bouw
 - Geschikt voor groot aantal Nederlandse woningen
 - Opstelling dichtbij aansluitingen
 - Universele installatiemethode
 - Door hybride opstelling kleine jaarlijkse bijdrage gas in een wijk mogelijk
 - Locatie gunstig m.b.t. geluidsoverlast
 - Reductie geluidsniveau van 2 dB(A) bij standaard ventilatoren door gebruik 2 ventilatoren.
- Nader onderzoek:
 - Verdere reductie geluidsniveau door aanpassen ventilator



Beperking koudemiddelinhoud

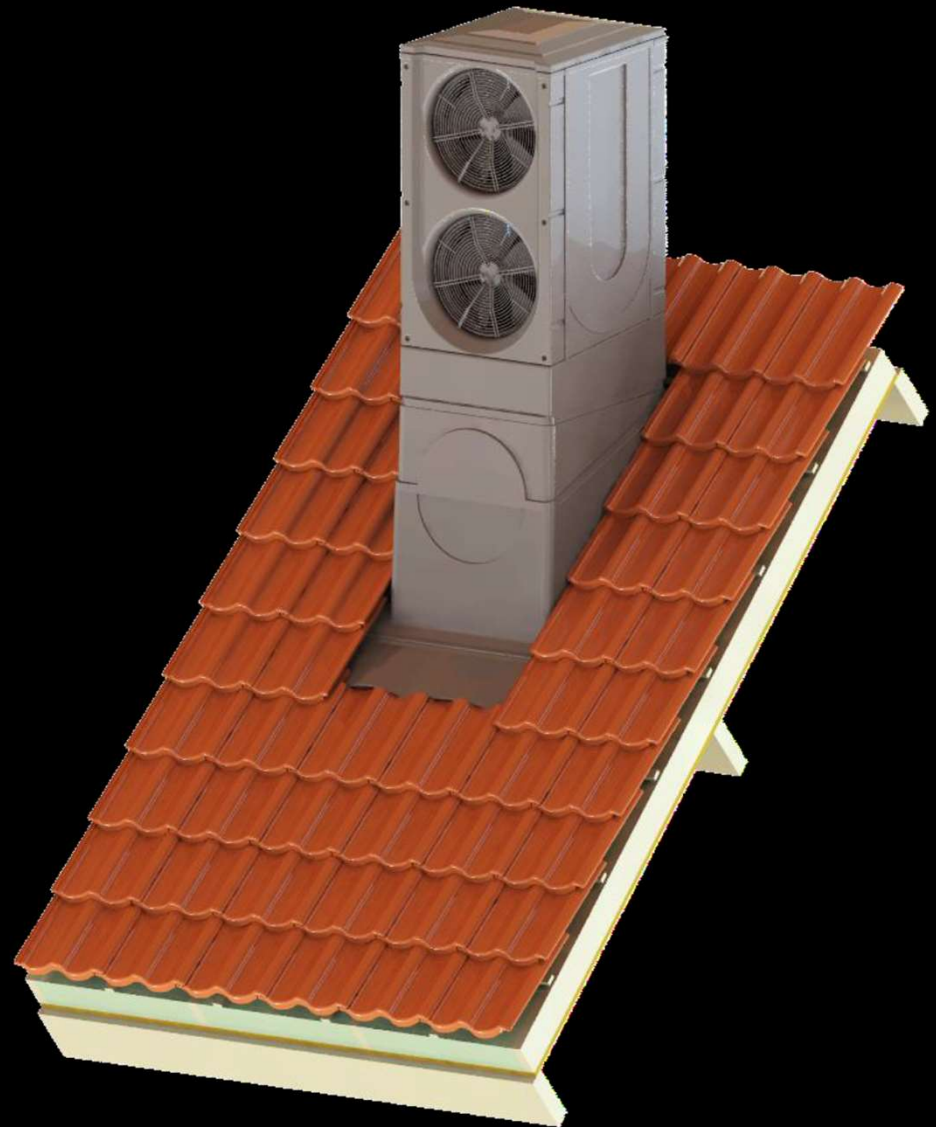
- Warmtepomp met grote dekkingsgraad Nederlandse woningen mogelijk bij 150 gram koudemiddel.
- Lagere koudemiddelinhoud limeerd COP.
- Door aangepast ontwerp kan er uitgegaan worden van buitenplaatsing en is de krappe grenswaarde niet van toepassing



Testopstelling koudemiddelinhoud

HP-Launch

Technisch resultaat en
aandachtspunten



Technisch resultaat en aandachtspunten

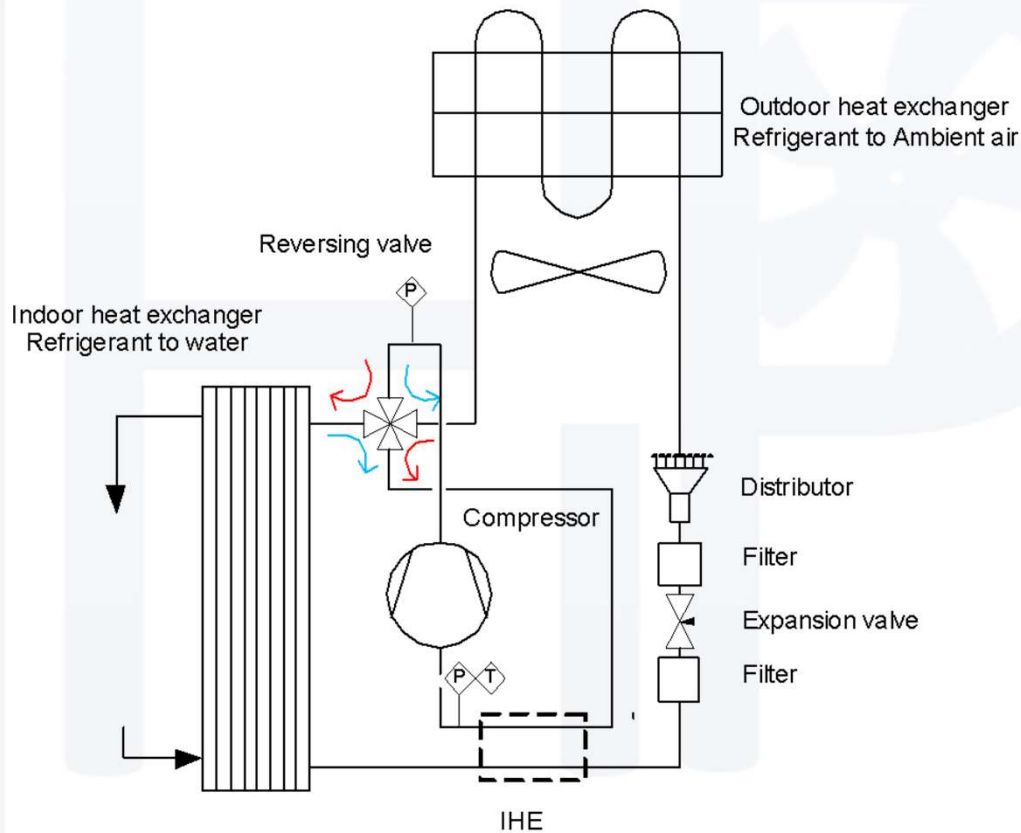
Koudekringloop

Warmtewisselaars

Aansturing

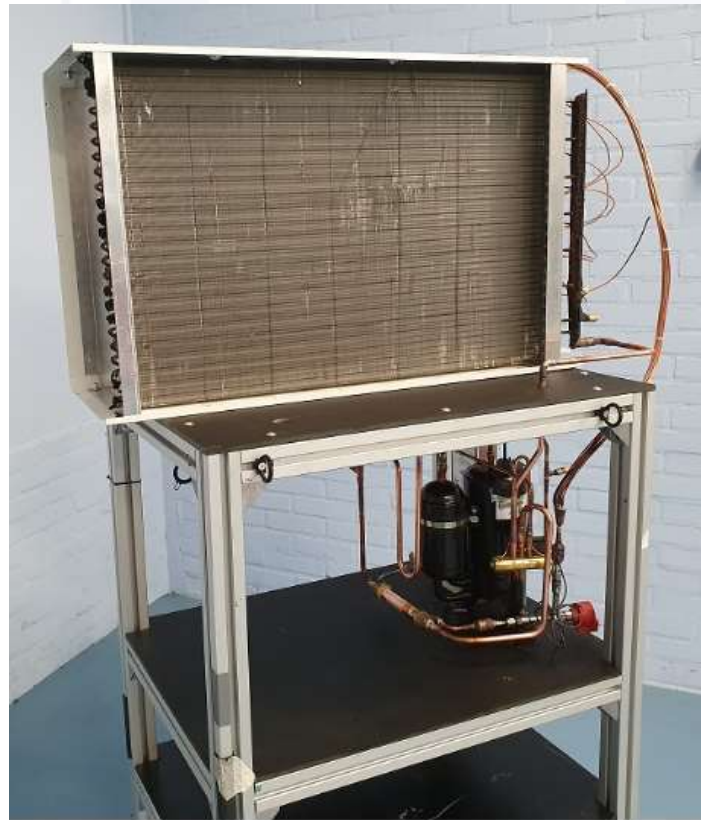
Configuratie

HP-Launch prototype



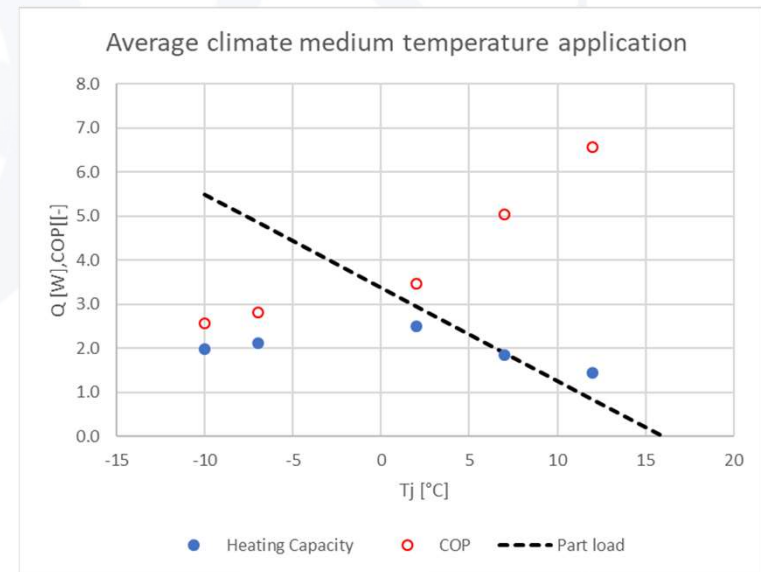
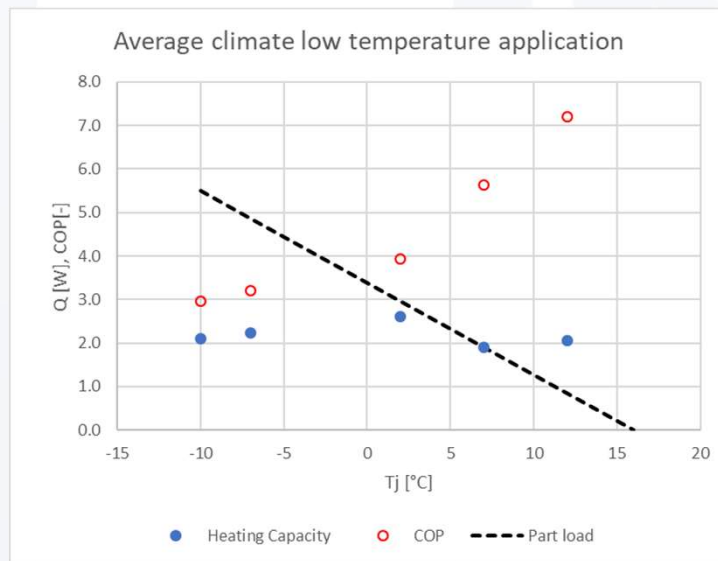
- Focus 150 gram
 - Verdampfer 2 pijpen diep
 - Condensor 30 platen
- Opgebouwd uit standaard componenten
 - Uitgezonderd: Filters en verdeler
- Zuiggaswarmtewisselaar toegepast; uitgangspunten:
 - Minder oververhitting nodig in de verdampfer
 - Systeem goed regelbaar op basis van de oververhitting na de IHE

HP-Launch prototype



Meetresultaten

A7/W35 (150 gram) : $Q = 3.4 \text{ kW}$ $\text{COP} = 4.5$ (referentie: $Q = 4.7 \text{ kW}$ $\text{COP} = 4.65$)

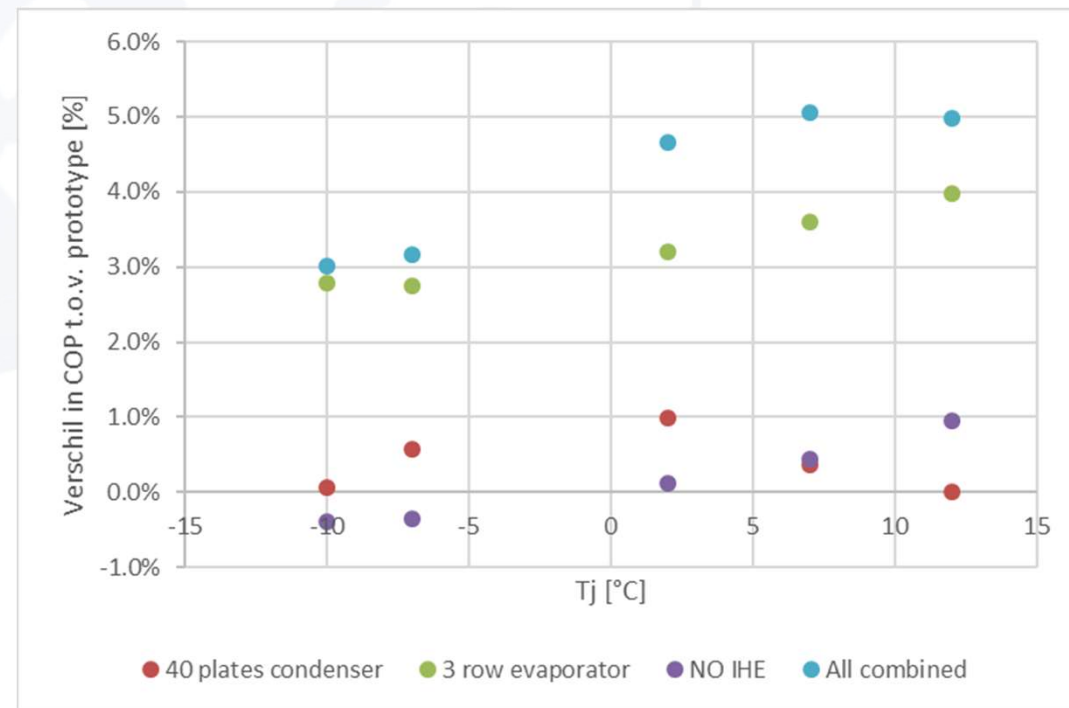


*COP inclusief: ventilator (47 W), ontdooing (bij $T_j \leq 2 \text{ °C}$), en het vermogen van circulatie pomp volgens EN 14511 (18.4 W)

Optimale vulling A7/W35 (170 gram) : $Q = 3.5 \text{ kW}$ $\text{COP} = 4.6 (+3.5\%)$

Bekeken opties

Optie	Invloed op COP	Invloed op koudemiddel vulling
Verdamper 3 pijpen diep	≈ + 3.5 %	+ 15 tot + 20 gram
Condenser 40 platen	≈ + 0.5 %	+ 5 tot + 10 gram
Geen zuiggas warmtewisselaar	≈ + 0.25 %	-2 tot -3 gram



Technische resultaten en aandachtspunten

Gelukt:

- Vulling ≤ 150 g m.b.v. standaard componenten
- Capaciteit 3.5 kW @ A7/W35
- COP vergelijkbaar met referentie systeem (state of the art)

Opgedane kennis:

- Ongeveer 7% hogere COP mogelijk door toepassen van verdamper van 3 rijen diep in combinatie met totale vulling van ongeveer 185 gram propaan
- Toepassen van IHE geeft geen verbetering in de regeling
 - Bij tweefase stroming in IHE: extra instabiliteit en ook een reductie in COP en capaciteit
 - Regeling op basis van de oververhitting (≈ 5 K) net na de verdamper geeft het beste resultaat

Technische resultaten en aandachtspunten

Opgedane kennis:

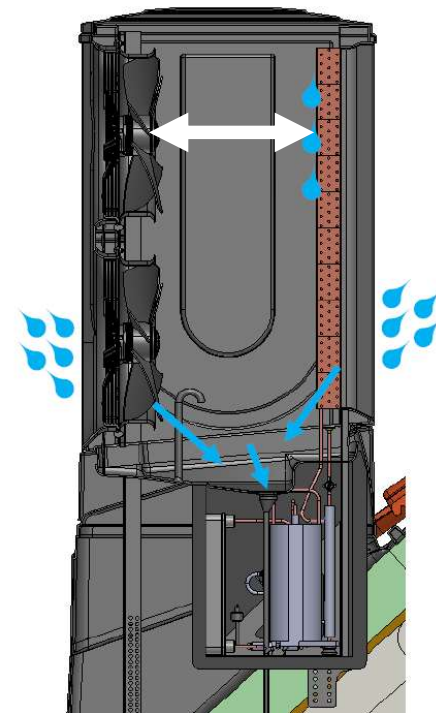
- Verdere reductie in koudemiddel mogelijk, d.m.v.:
 - Kleinere binnendiameter van de verdamperpijp
 - Reductie van condenser volume (optimalisatie van afstand platen)
 - Geen IHE toepassen
 - Kleinere compressor (b.v. kleinere behuizing, kleiner slagvolume, minder olie)
 - Huidige compressor is regelbaar tussen 8 en 120 Hz
 - Systeem ontwerp is op basis van 20 tot 60 Hz

Technisch resultaat en aandachtspunten

Koudekringloop
Warmtewisselaars
Aansturing
Configuratie

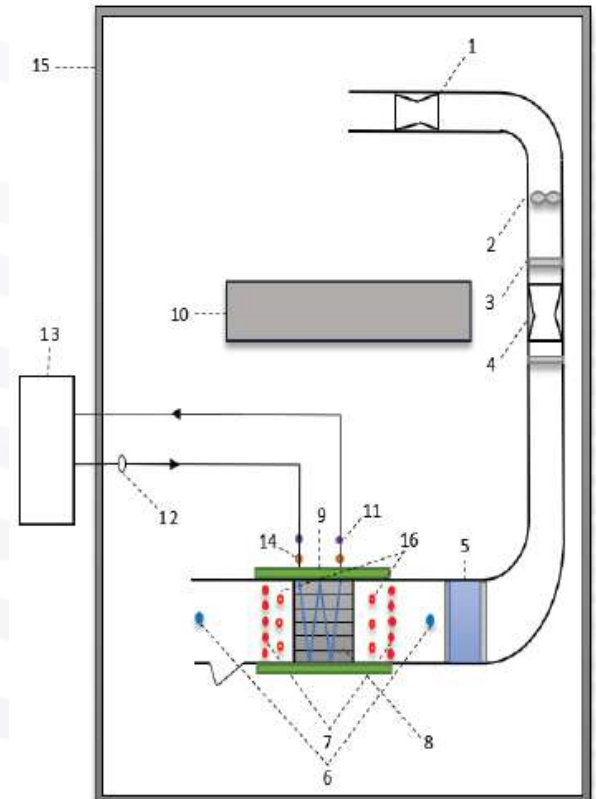
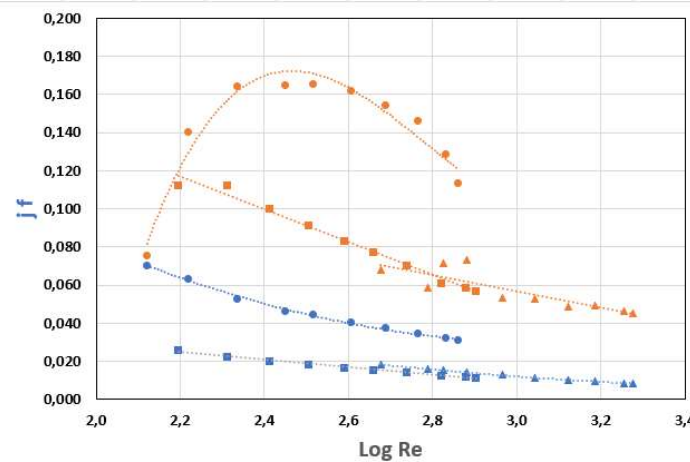
Luchtstroming in de warmtepomp

- In de HP-Launch is gekozen voor een puur dwarse aanstroming van de vlakke verdamper.
- Er bevinden zich geen obstakels in de luchtstroom.
- De zuigende ventilatoropstelling i.c.m. een ruime afstand tot de verdamper maakt een uitstekende luchtverdeling mogelijk over de verdamper.



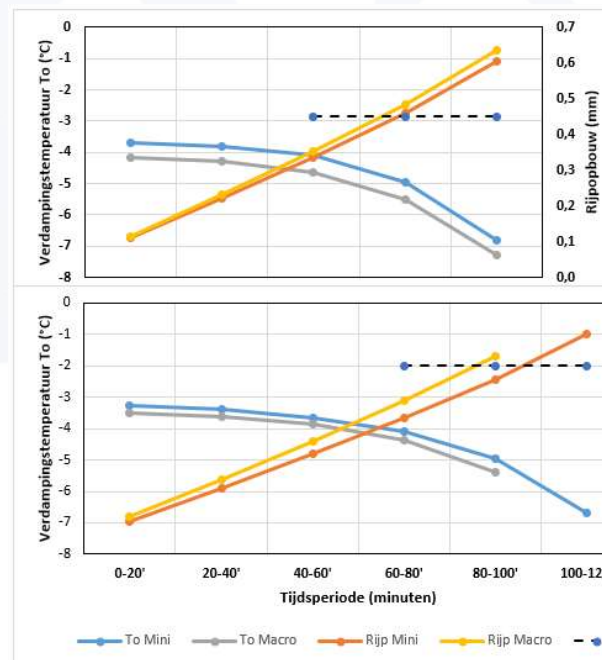
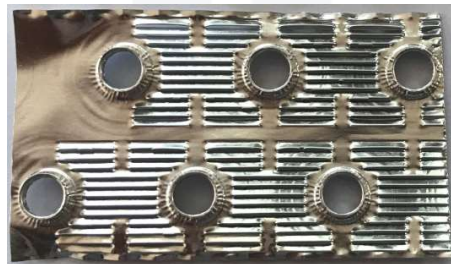
Bestaande lamelstructuren getest tegen innovatie

- Koelerfabrikanten stellen geen meetdata ter beschikking, dus de meest kenmerkende werden inclusief de nieuwe 5 mm getest.
- Omgezetting metingen in schaalfactoren voor de modellering.
- Minichannel (5 mm) favoriet



'Minichannel' verdamperstructuur

- Nieuwe verdamperstructuur (5 mm buis) maakt zeer lage koudemiddelinhoud mogelijk.
- Relatief groot lamel oppervlak vergroot cyclustijd ontdooiing (20 mm lamel tov 5 mm buis)



Mini en Macro gelijk oppervlak door iets grotere lamelafstand Macro
 Standtijd Mini 5% langer
 Verdampingstemperatuur Mini 0,5K hoger
 Koudemiddelinhoud Mini 27% minder

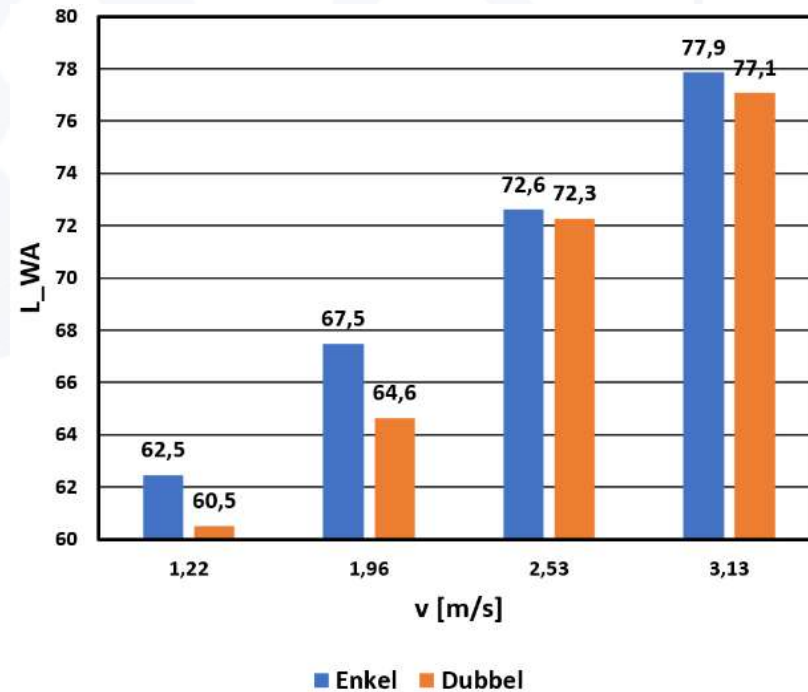
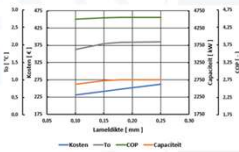
Mini en Macro gelijke lamelafstand daardoor 10% groter oppervlak Mini
 Standtijd Mini 11% langer
 Verdampingstemperatuur Mini 0,25K hoger
 Koudemiddelinhoud Mini 4% minder

Ventilatoren

- Verdubbeling fans half toerental verbetert geluid 2 dB(A) bij gelijk opgenomen vermogen.
- Afstemming vleugelvorm kan dit verder verbeteren.

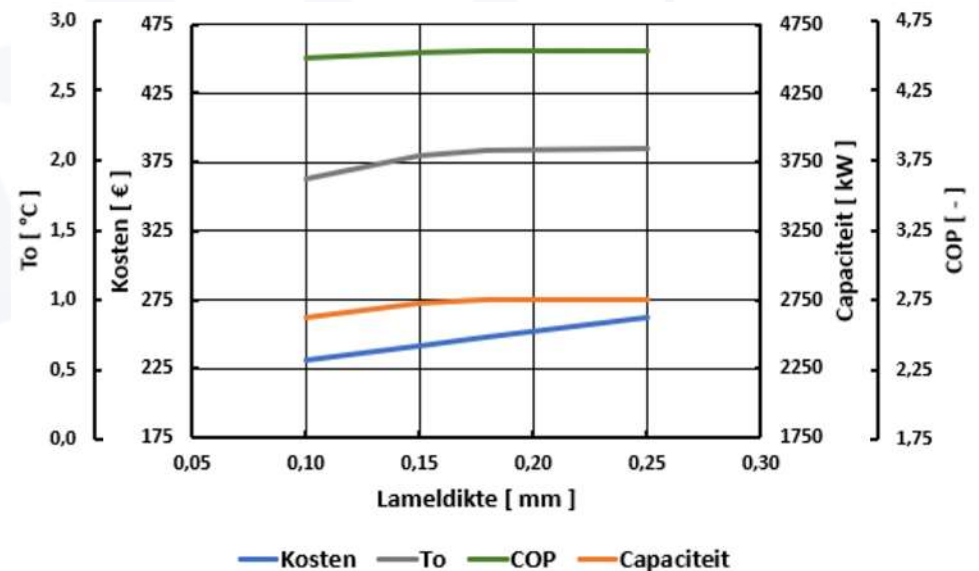
Nadere verbeteringen verdamperconcept

- Lamellen bevatten louvres:
 - ❖ Niet schoonmaakbaar
 - ❖ Obstructie condenswaterstroom
 - ❖ Voordeel verdwijnt bij berijping
 - ❖ Misschien wavy fins?
- Lamelafstand kan wat groter bij rijp: van 1,8 mm naar 2,5?
- Lamel iets dikker: van 0,10 naar 0,15 mm?



Nadere verbeteringen verdamperconcept

- Lamellen bevatten louvres:
 - ❖ Niet schoonmaakbaar
 - ❖ Obstructie condenswaterstroom
 - ❖ Voordeel verdwijnt bij berijping
 - ❖ Misschien wavy fins?
- Lamelafstand kan wat groter bij rijp: van 1,8 mm naar 2,5?
- Lamel iets dikker: van 0,10 naar 0,15 mm?



Technisch resultaat en aandachtspunten

Koude kringloop
Warmtewisselaars
Aansturing
Configuratie

Aansturing

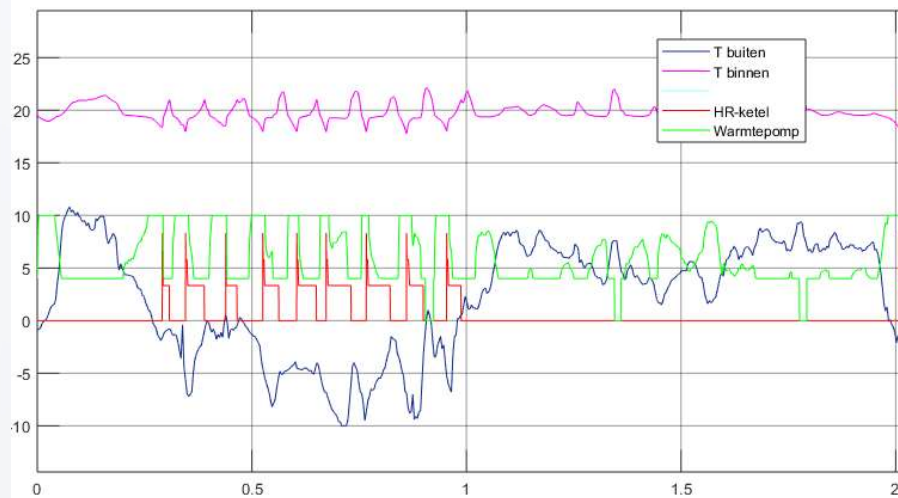
- HP Launch systeem SCOP van 3.1 volgens de simulaties
- Bijdrage van de warmtepomp is 90-95%. (5% Restgebruik gas)
- Modulatierange van de warmtepomp en HR-ketel van groot van belang, huis heeft maar weinig vermogen nodig om op temperatuur te blijven
- Temperatuur moet strak gehandhaafd blijven om hoge COP te verkrijgen
- HR-ketel moet in korte pulsen aangestuurd worden
- Mogelijkheid om bij lagere COPs van de warmtepomp ervoor te kiezen om HR-ketel in te schakelen -> economisch voordelig, wel meer gasverbruik

Resultaten simulaties HP-Launch systeem

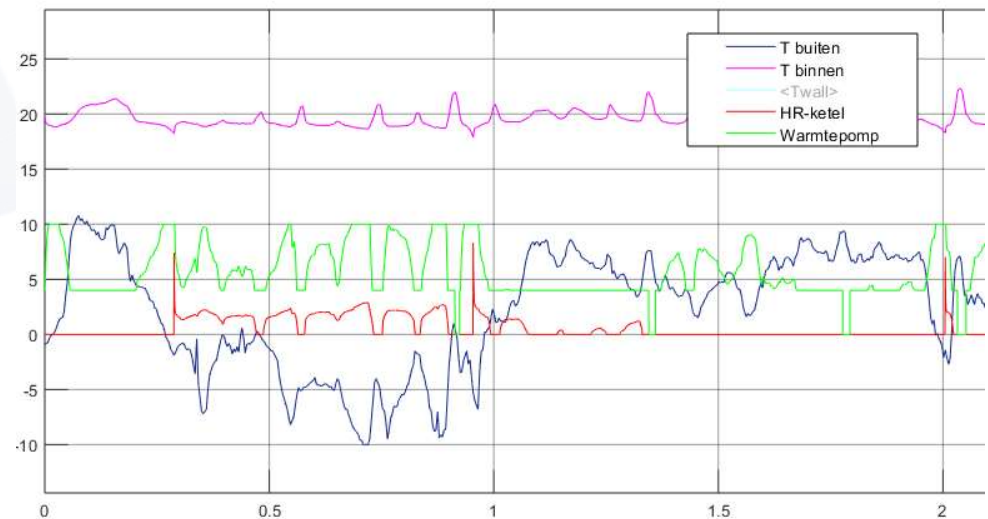
Type controller	Totaal verbruik (kWh)	Energie door boiler (kWh)	Energie door WP (kWh)	Elektrisch verbruik WP (kWh)	Energie om te ontdooien (kWh)	COP	%Energie warmtepomp
Alleen HR-ketel	11800	11800	0	0	0	nvt	0
Baseline	11830	670	11160	3519	100	3.1	94%
Aggressief	11930	560	11370	3590	100	3.1	95%
Traag	11930	2288	9642	3140	100	3	80%
Grotere modulatie range warmtepomp (20%-100%)	11250	760	10490	3441	100	3	93%
100% modulatie range boiler	11810	590	11220	3544	100	3.1	95%
Warmtepomp uit wanneer COP<2.3	11830	2786	9288	2504	0	3.7	78%

Aansturing met grotere modulatie-range

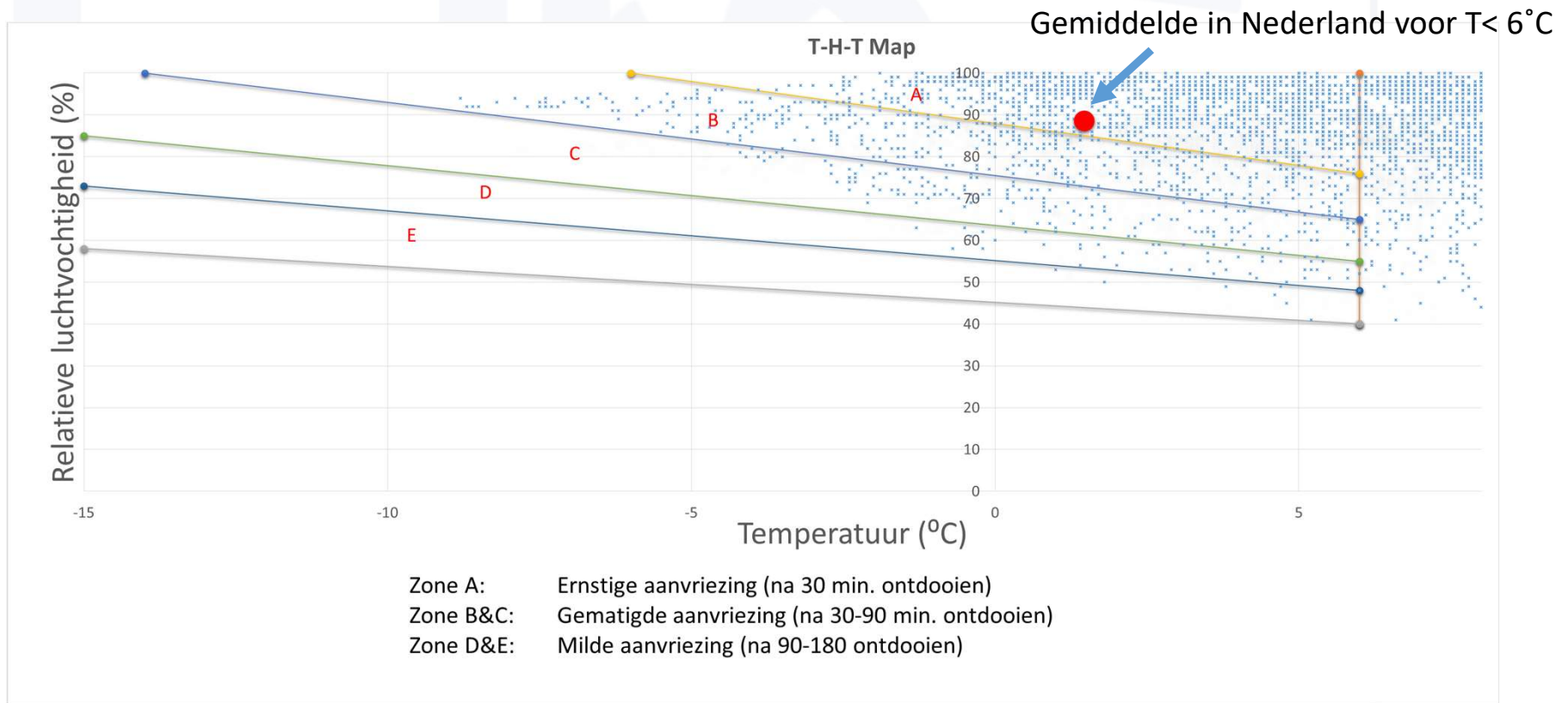
Klein regelbereik ketel: Grote warmtepuls beperkt bijdrage warmtepomp



Groot regelbereik: Door afgemeten bijdrage ketel, grotere bijdrage warmtepomp



Berijpen van de verdampser in Nederland



Berijpen verdamper

- Nederland heeft ongunstig klimaat voor een L/W warmtepomp
- Dynamisch model van berijpen -> betere voorspelling van ontdooien

Aantal keer ontdooien per jaar			
Tijdsgestuurd	Ontdooien na 30 minuten	Ontdooien na 60 minuten	Ontdooien na 90 minuten
	3824	1912	1226
THT map	2478		
Dynamisch model	407		

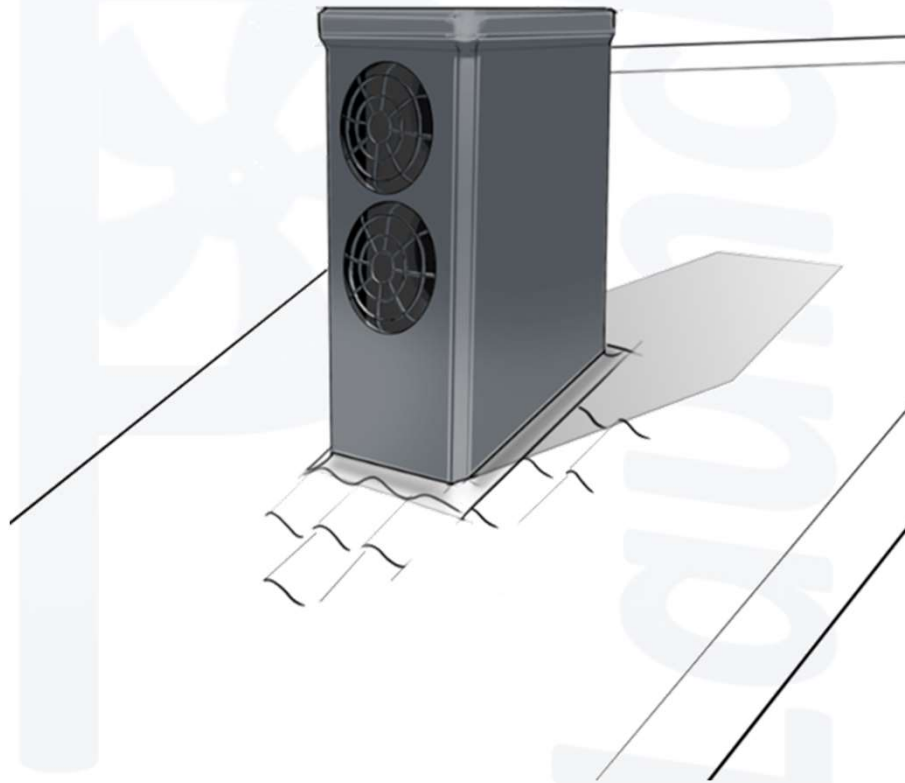
Technisch resultaat en aandachtspunten

Koude kringloop
Warmtewisselaars
Aansturing
Configuratie



Configuratie

Van ideegeneratie tot
uitgewerkt concept



Ontwerp: De warmtepomp komt op dak

- Op basis van:
- Stakeholder analyse:
 - Eenvoudige montage
 - Weinig ruimtebeslag
 - Lage installatiekosten
- Analyse woningcontingent:
 - Rijwoningen en 2-onder-1 kap groot aandeel
 - Installatie vaak op zolder
 - Zadeldak komt vaak voor

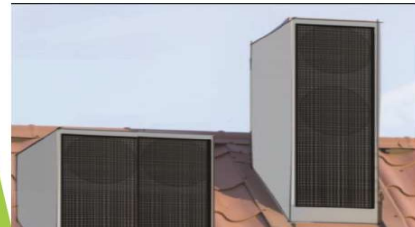


Ontwerp: Uitwerken alternatieve oplossingen

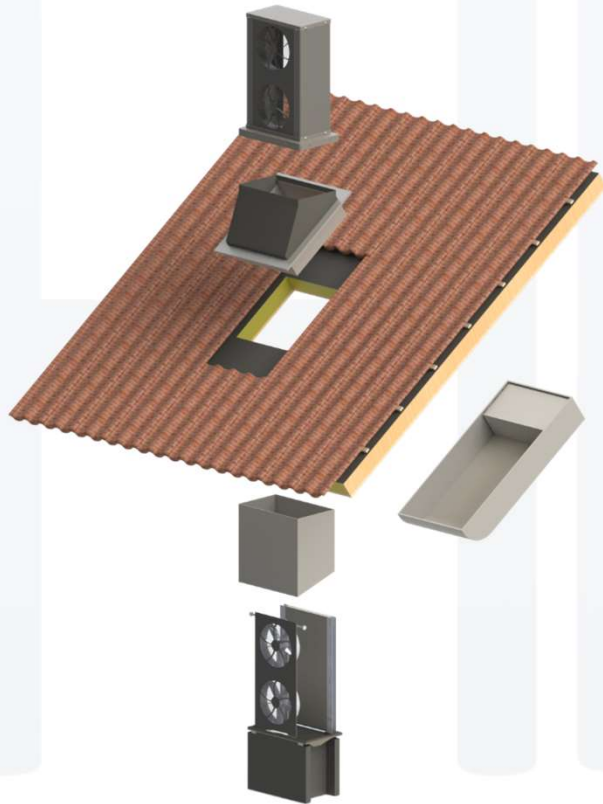
Uitwerken van 4 concepten



Het “schoorsteenmodel” is het meest geaccepteerd



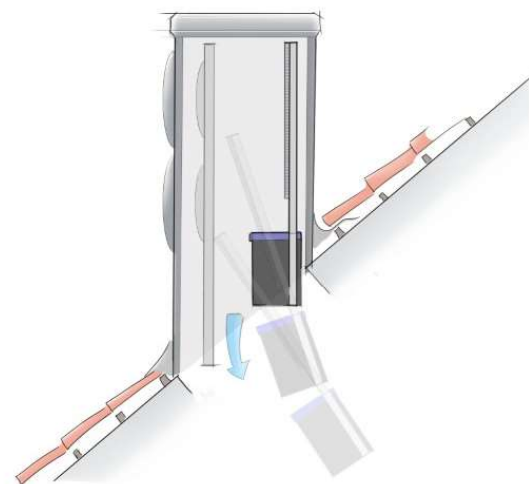
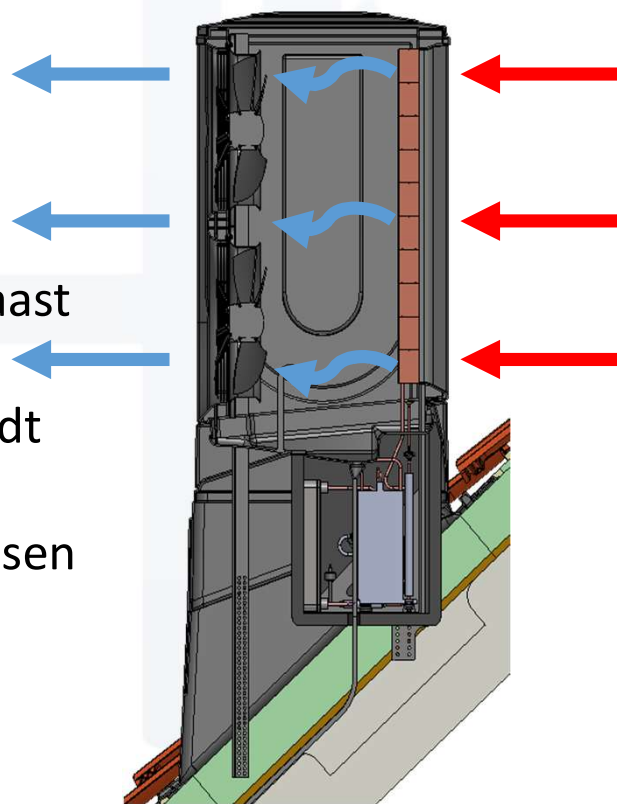
Ontwerp: Keuze gebaseerd op eenvoudige installatie en lage kosten



Afbeeldingen uit afstudeerwerk Kevin Geurtsen

Ontwerp: Voorstel verder uitgewerkt

- Warmtepomp blaast van het dak af
- Luchtstroom wordt niet beperkt
- Grote afstand tussen geluidsbron en locatie van geluidseisen



- Omhullende op het dak
- Warmtepomp in delen uitneembaar naar de woning

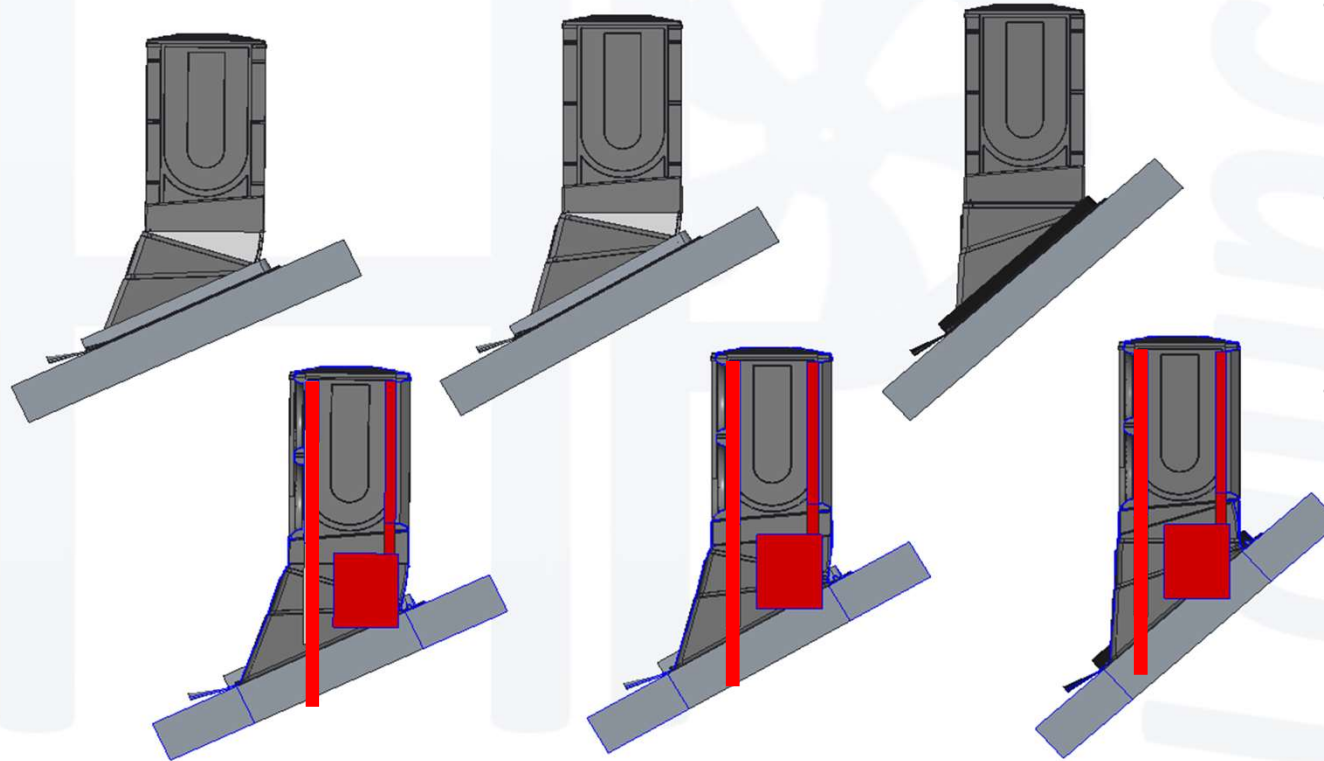
Ubbink heeft een behuizing ontworpen

- Warmtepomp heeft geen aparte behuizing
- Omhullende zonder dragende functie
- Geschikt voor meest voorkomende dakhellingen

Ontwerp door HAN student Fabian van Dijk (IPO)

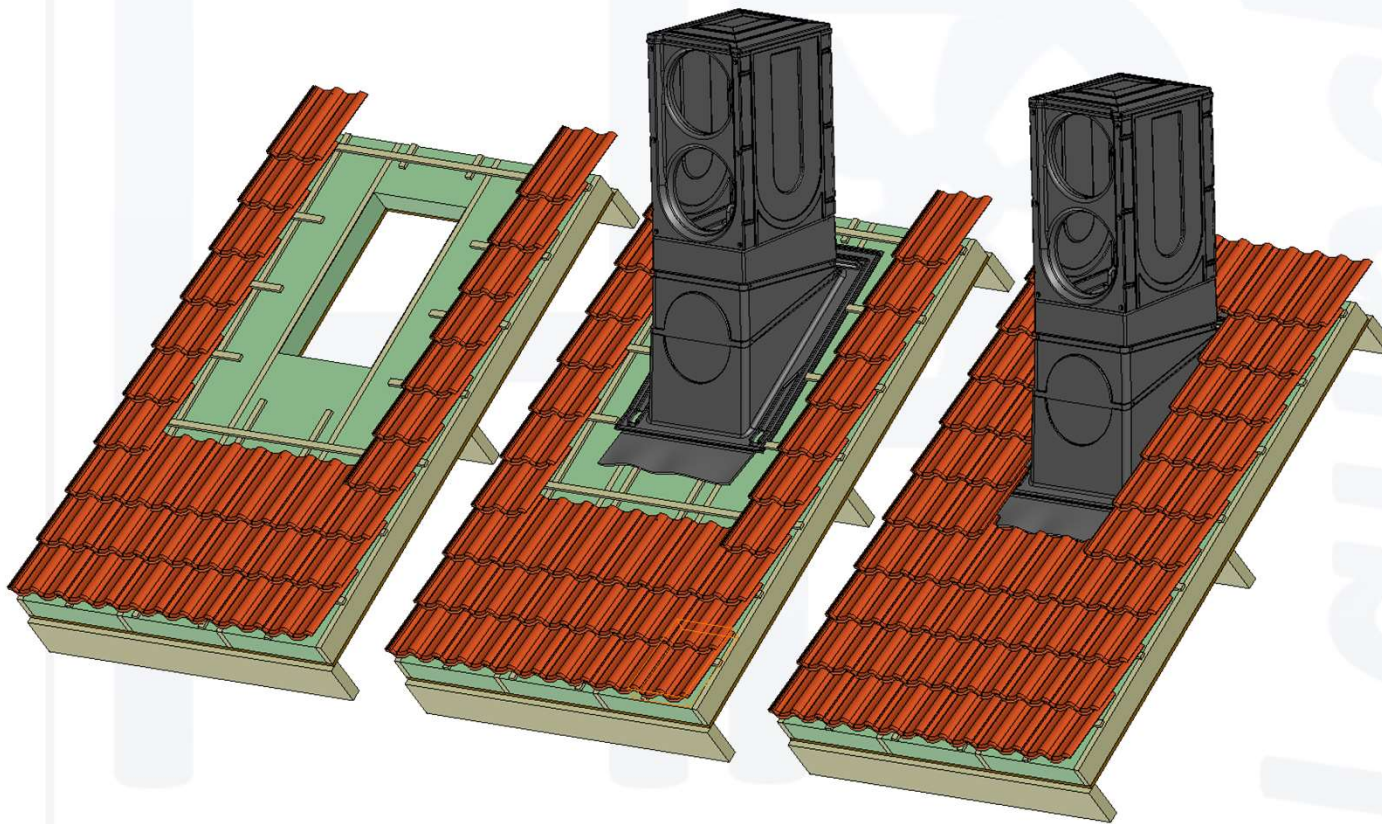


Eenvoudige oplossing voor montage op verschillende dakhellingen



- Geschikt voor dakhellingen van 25°-45°.
- Warmtepomp wordt altijd zuiver vertical gesteld
- Voor vlakke dakhellingen moeten de metalen delen worden ingekort met een handzaag

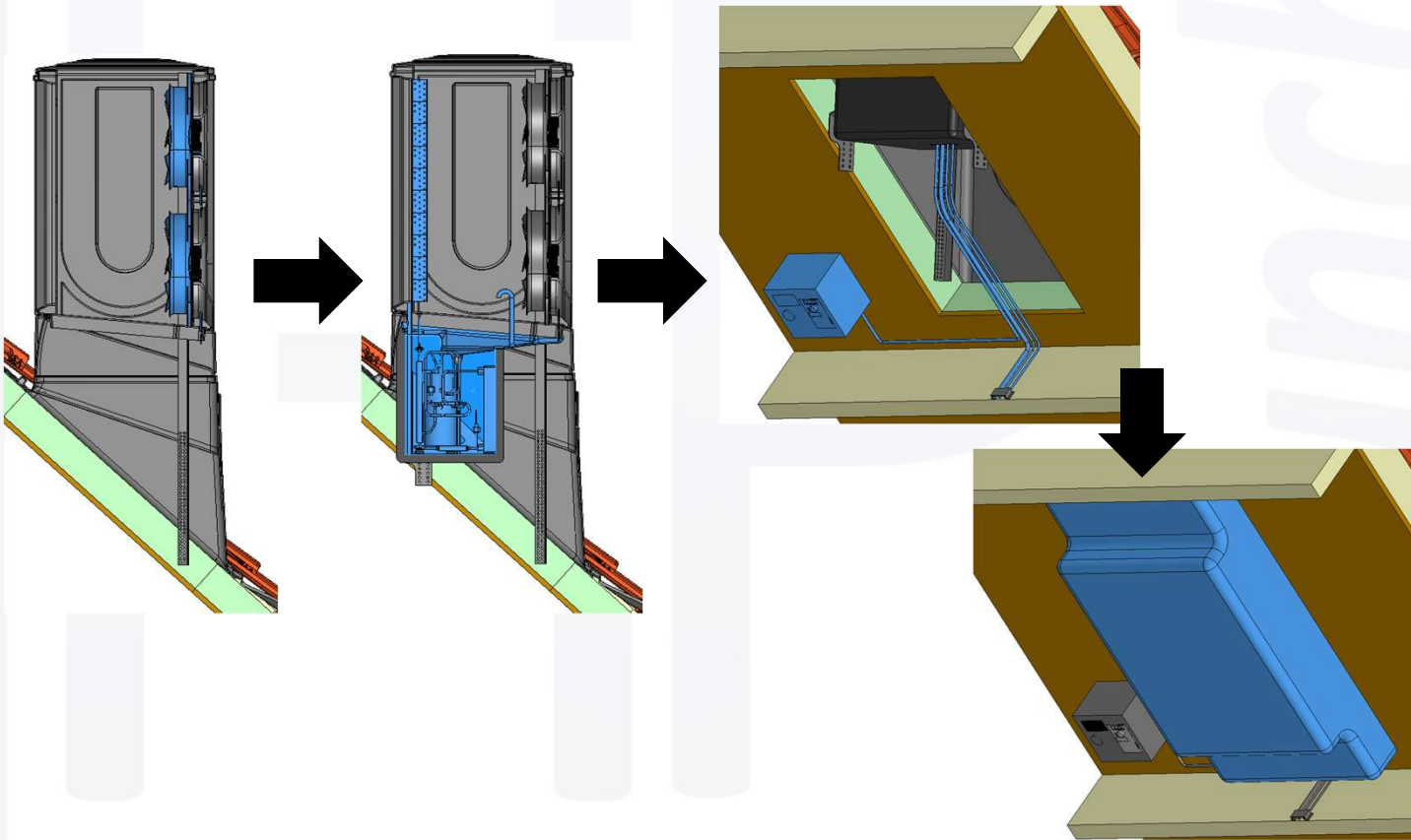
Indekken als dakdoorvoer



Minimale
installatiekosten:

- Dakdoorvoer
- Montage basisplaat
- Opbouwen en stellen
omhullende
- Indekken

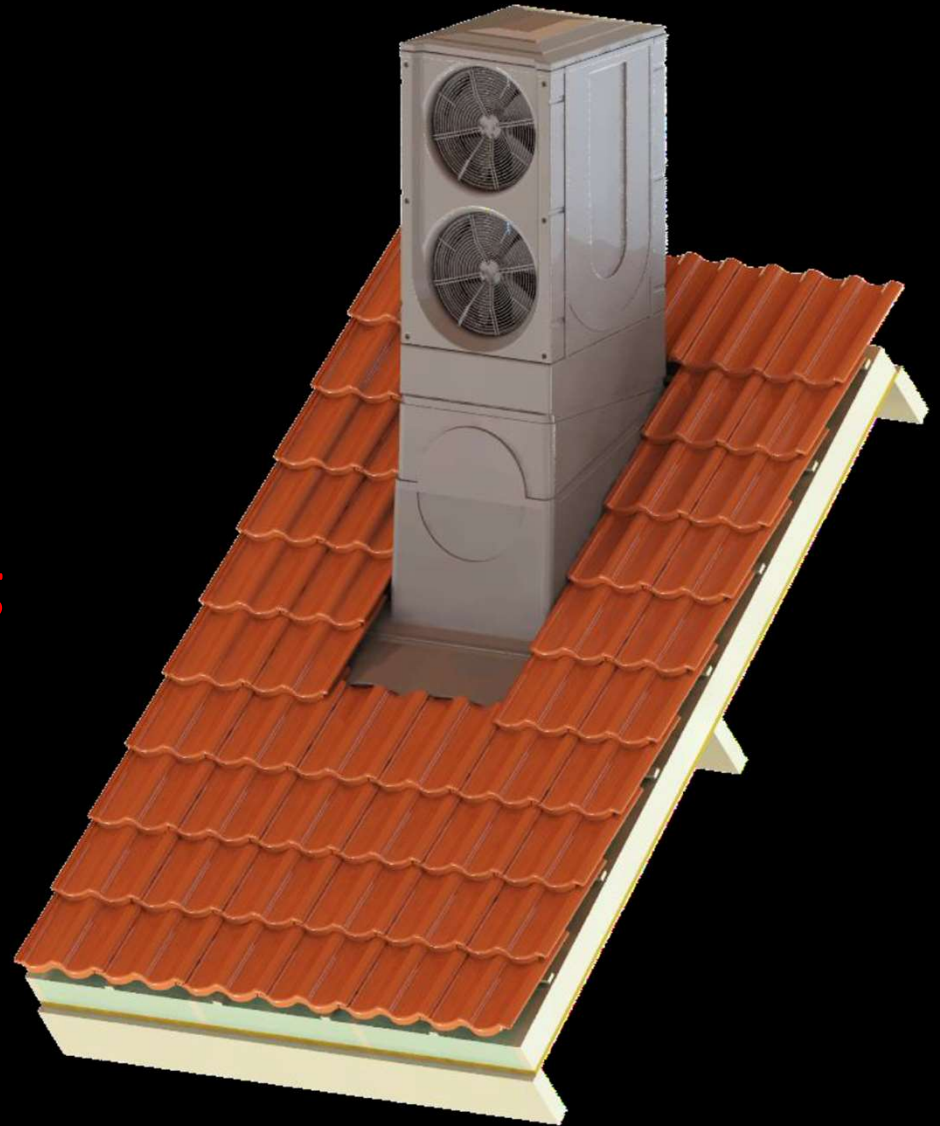
Binnenzijde installatie



- Plaatsen technische samenstellingen :
 - Ventilatoren
 - Koudekringloop
- Verbindingen met:
 - Verwarming
 - Riolering
 - Elektriciteit
 - Aansturing
- Verbindingen met flexibele leidingen naar een terminal block.
- Deksel voor uiterlijk en behoud van:
 - Geluidsdemping
 - Isolatie waarde
 - Luchtdichtheid

HP-Launch

Businesscase en vervolg



Businesscase en vervolg

- Kosten eindgebruiker
- Is de HP-Launch warmtepomp een aantrekkelijke propositie?
- Hoe kunnen de resultaten van HP-Launch het beste naar de markt gebracht worden



Hogeschool



van Arnhem en Nijmegen

REGENT



DE HAAGSE
HOGESCHOOL



ACHIEVING VALUE TOGETHER



Kostenplaatje voor de gebruiker

- Consumentenprijs geschat: €2300
- Installatie geschat: €1100
- Met ISDE → Netto prijsgeïnstalleerd systeem: €1800
- Bij SCOP=3.9 (uit simulaties)
 - Ca. €325 per jaar besparing bij *huidige energieprijzen*

Kostenplaatje voor de gebruiker

- Jaarlijkse besparing zal stijgen (betere COP mogelijk en gunstige energielasting voor elektriciteit)
- Resultaat: prima businesscase

Break even after X years		Customer price (excl. ISDE)						
		€ 3.000	€ 3.200	€ 3.400	€ 3.600	€ 3.800	€ 4.000	€ 4.200
Savings	€ 250	5,6	6,4	7,2	8,0	8,8	9,6	10,4
	€ 275	5,1	5,8	6,5	7,3	8,0	8,7	9,5
	€ 300	4,7	5,3	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7
	€ 325	4,3	4,9	5,5	6,2	6,8	7,4	8,0
	€ 350	4,0	4,6	5,1	5,7	6,3	6,9	7,4
	€ 375	3,7	4,3	4,8	5,3	5,9	6,4	6,9
	€ 400	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
	€ 425	3,3	3,8	4,2	4,7	5,2	5,6	6,1
	€ 450	3,1	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8

Is de HP-Launch warmtepomp een aantrekkelijke propositie?

- SWOT
- Unique Selling Points
- Businesscase



Hogeschool



van Arnhem en Nijmegen

RE GENT



DE HAAGSE
HOGESCHOOL



ACHIEVING VALUE TOGETHER



Swot analyse	Helpful to achieve the objective	To achieving the objective
Internal origin	<p>Strength</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gestandaardiseerde oplossing voor Nederlandse woningen 2. Bedoeld voor Nederlandse omstandigheden 3. Compact en licht 4. Geluid richting de erfgrans is beperkt 6. Vermogen is een gat in de markt 6. Slimme aansturing 7. Bestaande bouw en nieuwbouw 	<p>Weaknesses</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Opstellingslocatie 2. gevoelig voor lawaai 3. In de meeste situaties geen volledig elektrische oplossing 4. Niet ontwikkeld bij een marktpartij 5. Grote investeringen nodig voor marktintroductie
External origin	<p>Opportunities</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Het overheidsbeleid gericht op het uitfaseren van de HR-ketel 2. De markt ligt open 3. De consument zoekt gasloze oplossingen 	<p>Threats</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gebrek aan kennis bij klanten 2. Installateurs conservatieve markt 3. Weinig Leveranciers van componenten 4. Kleine markt bestaande bouw beperkt investeringsbereidheid

Unique Selling Points

- Gestandaardiseerde montage oplossing voor merendeel grondgebonden woningen
- Speciaal ontworpen voor omstandigheden met berijping
- Warmtepomp kan direct gekoppeld worden aan een watervoerend verwarmingssysteem.
- Ontwerp gericht op eenvoudig onderhoud van het systeem
- Beperkt vermogen:
 - Sluit optimaal aan bij toepassing in een hybride systeem.
 - Leidt tot beperkte afmetingen
 - Lage aansluitwaarde elektriciteit
- De standaard montage locatie gunstig m.b.t geluidsoverlast
- Laag gewicht van modules
- Aantrekkelijk financieel rendement in vergelijking met andere systemen
- Besturing gericht op optimaal gebruik met hybride warmtepomp

Discussie: Resultaten naar de markt

- Welke aspecten zouden naar de markt moeten
- Welke weg?
- Stimuleringsmogelijkheden?

Wrap-up en afsluiting

