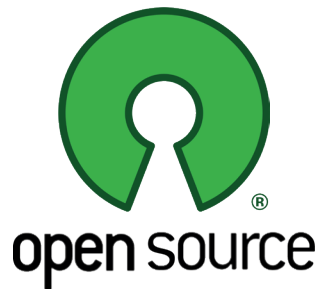




## **WETENSCHAPPELIJKE VERIFICATIE**

“OPEN-SOURCE  
PRAKTIJKMETINGEN  
HYBRIDE  
WARMTEPOMPEN EN  
AFGIFTESYSTEEM”

**UNIVERSITY OF TWENTE.**



## VALUES OF OPEN SOURCE

**Peer review:** Because the source code is freely accessible and the open source community is very active, open source code is actively checked and improved upon by peer programmers. Think of it as living code, rather than code that is closed and becomes stagnant.

**Transparency:** Need to know exactly what kinds of data are moving where, or what kinds of changes have happened in the code? Open source allows you to check and track that for yourself, without having to rely on vendor promises.

**Reliability:** Proprietary code relies on the single author or company controlling that code to keep it updated, patched, and working. Open source code outlives its original authors because it is constantly updated through active open source communities. Open standards and peer review ensure that open source code is tested appropriately and often.

**Flexibility:** Because of its emphasis on modification, you can use open source code to address problems that are unique to your business or community. You aren't locked in to using the code in any one specific way, and you can rely on community help and peer review when you implement new solutions.

**Lower cost:** With open source the code itself is free - what you pay for is the application development, support, security hardening and help managing interoperability.

**No vendor lock-in:** Freedom for the user means that you can take your open source code anywhere, and use it for anything, at anytime.

**Open collaboration:** The existence of active open source communities means that you can find help, resources, and perspectives that reach beyond one interest group or one company.

**Community:** Communities form when different people unite around a common purpose. Shared values guide decision making, and community goals supersede individual interests and agendas. The leverage of the community is the power of open source.

Open source has become a movement and a way of working that reaches beyond software production. The open source movement uses the values and decentralized production model of open source software to find new ways to solve problems in their communities and industries.

[www.opensource.com](http://www.opensource.com)

[www.theopensourceway.org](http://www.theopensourceway.org)

UNIVERSITY OF TWENTE.

INTERGAS®



University of Twente  
Faculty of Engineering technology  
dr. M. Shahi  
dr. ir. W.B.J. Hakvoort

Augustus 2021

# 1 HET DEMONSTRATIEPROJECT

---

Hybride warmtepompen staan momenteel sterk in de belangstelling als een eenvoudige en kosteneffectieve oplossing voor het behalen van het 2030 klimaatdoel voor de gebouwde omgeving.

Door Intergas Verwarming is de afgelopen jaren een geheel op Open Source technology gebaseerde data omgeving gebouwd voor het real-time monitoren van de energieprestatie van cv-ketels in woningen. Momenteel zijn op deze omgeving 70k (70.000) toestellen aangesloten die met een interval van 10 seconden data aanleveren. Open source technologie heeft het voordeel van (wiskundig) bewezen veiligheid van de dataverwerking en ook de onafhankelijkheid van (monopolistische) leveranciers. De data omgeving is geheel vrij van licenties en de werking is geheel transparant.

Voor de succesvolle toepassing van een hybride warmtepomp (WP) is, meer dan bij een cv-ketel, een goed functionerend afgifte systeem nodig. De prestatie van een WP is immers sterk afhankelijk van de watertemperatuur.

Op verzoek van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) zijn voorgaande elementen gecombineerd in een bescheiden demonstratieproject (zie bijlage 1), waarbij de verdere ontwikkeling van de data-omgeving voor de hybride warmtepomp en de toepassing van de hybride in een vijftal woningen in Drenthe is onderzocht, met de volgende doelstellingen:

- Het ontwerpen en bouwen van apparatuur die nauwkeurig (1%, MID klasse B) het thermische en elektrische energieverbruik (tijdsresolutie <10sec) van hybride (gas/elektrische) verwamingsapparatuur meet.
- Het off-site streamen, opslaan en analyseren van de data middels Open Source technologie.
- Het bevestigen van de resolutie en nauwkeurigheid van de apparatuur voor het meetdoel.
- Verbeteringen van de apparatuur en/of installaties identificeren.
- Het meten en analyseren van de prestatie van bestaande hybride installaties in het veld die zijn geïnstalleerd buiten Intergas om.
- Het analyseren van de prestatie van de Climate Booster in een bestaande installatie.

De uitvoering en resultaten van het project zijn vastgelegd in het presentatie document:

- DIRMA\_hardware\_list\_update\_25\_april\_NL.pdf (bijlage 2)

Daarnaast zijn er diverse bijeenkomsten geweest waarbij het werk en de resultaten door betrokkenen geëvalueerd zijn (RVO, Intergas, DeBeijer RTB B.V., Universiteit Twente).

De Universiteit Twente (UT) is gevraagd een oordeel te geven over:

- 1) de gevolgde technische aanpak en
- 2) de potentie van modelvorming op basis van data.

Dit rapport bevat de bevindingen van dr. M. Shahi en dr. ir. W.B.J. Hakvoort van de Universiteit Twente vanuit het wetenschappelijk en onafhankelijk toezicht en verificatie van het project. Deze bevindingen zijn gebaseerd op:

- Een mondelinge toelichting van de opzet bij de start van het project door Intergas.
- Een locatiebezoek aan een van de huizen die wordt gemeten.
- Het eerder genoemde presentatie document van Intergas.
- Een mondelinge bespreking op basis van deze documenten over de aanpak en potentie van de data gebaseerde modellering voor de energietransitie.

Op basis van deze bevindingen is dit rapport geschreven.

## 2 BEVINDINGEN

---

In deze sectie worden onze belangrijkste bevindingen beschreven.

### 2.1 VERIFICATIE VAN DE AANPAK

De data-gebaseerde aanpak geeft inzicht in het energieverbruik onder praktijkomstandigheden, met daadwerkelijke weers-, installatie- en gebruiksomstandigheden, in plaats van laboratoriumcondities. Een belangrijke component hierin zijn dynamische effecten zoals warmtebuffering van bouwmassa en hydronische balancerings. De data-gebaseerde aanpak geeft omgekeerd inzicht in prestaties onder praktijkomstandigheden.

Zoals gepland is data van vijf woningen verzameld. Vier hebben een hybride systeem (1 huis met conventionele radiatoren, de andere 3 met vloerverwarming en radiatoren). De vijfde heeft een conventionele cv, wordt al langer gemonitord en is gebruikt voor evaluatie van de Climate Booster. De gegevens geven een goede indruk van de mogelijkheden van de voorgestelde monitoring voor hybrides, in lijn met het bescheiden demonstratieproject, maar zijn te weinig voor verregaande conclusies. Hiernaast heeft Intergas een systeem met 70k toestellen, dat geen direct onderdeel is van dit project, maar waarmee wel ervaringsinformatie is opgebouwd.

De gemonitorde gegevens bevatten de belangrijkste gegevens. Alleen de kamertemperatuur ontbreekt in de woningen met hybrides; De binnentemperatuur is bepaald op basis van stookgedrag. Dit is een vrij ruwe benadering en maakt de metingen gebruikersafhankelijk. De geplande verbetering van de hardware, waarbij de binnentemperatuur wel wordt gemeten, wordt dan ook onderschreven. De binnentemperatuur is wel gemeten in het huis met de Climate Booster.

Gegevens worden verzameld met een bemonsteringsfrequentie van 10 s, dit is meer dan voldoende voor het beoordelen van isolatie (shell-kwaliteit). Voor het beoordelen van de dynamiek van het verwarmingssysteem, zoals hydraulisch balanceren, is deze bemonsteringsfrequentie wel nodig. De meeste gegevens van het verwarmingssysteem (elektriciteit, warmtestroom en temperaturen) worden gegenereerd uit gecertificeerde apparatuur (1% DIM klasse B). De belangrijkste uitzondering is het gasverbruik, dat nu vrij ruw wordt afgeleid door het tellen van de omwentelingen van de ventilator in de gastoevoer naar de gasketel. Hierdoor is wel een duidelijke identificatie van trends mogelijk, maar de absolute geldigheid van de gegevens is beperkt. De geplande verbetering van de hardware, waarbij het gasverbruik wordt gemeten met de P1 poort van 'slimme meters', wordt dan ook onderschreven. Nadeel van deze P1 poort is de bemonsterfrequentie (zie hiervoor). Slim combineren van deze metingen maakt zowel een hoge bemonsterfrequentie als een nauwkeurige meting mogelijk.

Weersomstandigheden (temperatuur, windsnelheid en zon) worden opgehaald uit een externe database. Deze gegevens worden als betrouwbaar beschouwd.

Data wordt direct opgeslagen in de Cloud. Privacygevoelige gegevens worden opgeslagen in een beveiligde database. De gegevensverzameling en -opslag heeft bewezen te werken voor de 5 huizen en is ook bewezen schaalbaar te zijn tot grotere hoeveelheden, gezien het gebruik van Intergas om het 70k geïnstalleerde systeem te bewaken met een vergelijkbare software.

Voor gegevensopslag en gegevensverwerking wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van open-source software, wat reproduceerbaarheid en traceerbaarheid mogelijk maakt. Alleen voor specifieke delen van de gegevensverzameling en -verwerking wordt eigen code van Intergas gebruikt. De gegevens- en softwareaspecten lijken goed gekozen, maar zijn niet grondig beoordeeld en is niet de belangrijkste expertise van de recensenten.

## 2.2 VERIFICATIE VAN METINGEN EN RESULTATEN

Het belangrijkste resultaat is de relatie tussen energieverbruik en het verschil van binnen- en buitentemperatuur. Deze grafieken laten grofweg een lineaire trend zien. De waarde van deze trend is een op data gebaseerde kwantificering van de totale energie-efficiëntie, inclusief warmteopwekking, transmissie en isolatie (shell-kwaliteit). In tegenstelling tot het momenteel gebruikte energielabel levert dit een op gegevens gebaseerd bewijs van de energie-efficiëntie van de huizen in de praktijk. Het zou interessant zijn om de op gegevens gebaseerde efficiëntie te vergelijken met de modelgebaseerde energielabels.

Hoewel een duidelijke trend zichtbaar is in de energie-efficiëntie, laten de gegevens duidelijke afwijkingen zien van de trendlijn. De spreiding is al aanzienlijk verminderd door een eerste orde benadering van het effect van weersomstandigheden (wind en zon) mee te nemen. De resterende trend wordt toegeschreven aan warmteopslag (dynamica). Verder onderzoek wordt voorgesteld om deze dynamische aspecten daadwerkelijk te corrigeren en de correctie van de weersomstandigheden te verfijnen, bijvoorbeeld door regenval toe te voegen en misschien hogere orde- en kruiseffecten te bestuderen.

De energie-efficiëntiewaarde biedt een algemene efficiëntiebeoordeling voor het huis, inclusief de effecten van warmteopwekking, -overdracht en -isolatie. Deze effecten zijn zelfs te scheiden door de opzet van de gegevensverzameling. De gegevens bieden daarmee een objectieve, op gegevens gebaseerde, daadwerkelijke kwalificatie van verbeteringen. Dit wordt gedemonstreerd met de Climate Booster, die een aanzienlijke verbetering van de energie-efficiëntie laat zien. Hierbij moet worden opgemerkt, dat de Climate Booster in dit beperkte demonstratieproject slechts in één huis wordt geëvalueerd, terwijl de juiste kwalificatie een groter aantal en verscheidenheid aan huizen vereist. De methode kan ook worden gebruikt om andere maatregelen ter bewijs van energie-efficiëntie kwantitatief en bij daadwerkelijk gebruik te kwalificeren.

Op basis van 70k systemen van Intergas en/of de toekomstige voortzetting en uitbreiding van het project kan de effectiviteit van veel meer energiebesparingsmaatregelen worden gekwantificeerd. De efficiëntie van verschillende opwek, afgifte, opslag en isolatieopties kunnen worden bepaald. Deze efficiëntie kan dan worden afgezet tegen kosten. Ook kunnen mogelijke verbeteringen in aansturing en wamteuittwisseling worden geanalyseerd. Met betrekking tot (hybride) warmtepompen wordt aanbevolen om het effect van alleen radiatoren of een combinatie van radiatoren en vloerverwarming op het daadwerkelijke energie-efficiëntie en gasverbruik van huizen te onderzoeken.

De Climate Booster laat duidelijk een vermindering van het energieverbruik zien. Het apparaat introduceert een geforceerde convectie en verbetert daarmee de warmteoverdracht van bestaande radiators. Hiermee warmt de lucht sneller op en meet de thermostaat eerder deze hogere temperatuur. Bovendien zorgt de verbeterde convectie voor een verlaging van de terug levering naar de ketel, wat de ketelefficiëntie verhoogt. Dit is met name relevant voor toekomstige gasloze lage-temperatuur verwarming van huizen zonder vloerverwarming. De verbetering van de Climate Booster wordt alleen duidelijk met deze dynamische praktijkmetingen en zou niet zichtbaar zijn met een statische modelaanpak.

De dynamische metingen maken het mogelijk om niet alleen de statische energie-efficiëntie, maar ook de dynamiek van het verwarmingssysteem te analyseren. Hierdoor kan de verlaging van het energiegebruik van de Climate Booster worden vastgesteld en het is ook bijzonder nuttig gebleken om problemen met het verwarmingssysteem te vinden, zoals slechte hydronische balancerings (waterzijdig inregelen), verkeerde dimensionering van het vermogen, ontdooi energie voor verdampersunits, CoP van warmtepompen, afwezigheid van nachttemperatuurverlaging, etc. De resultaten laten zien dat deze knowhow essentieel is voor goede prestaties van hybride verwarmingssystemen. Dit kan leiden tot gebruiksaanbevelingen tot verbeterde energie-efficiëntie, die in sommige gevallen (hydronische balancerings, nachttemperatuurverlaging) tegen lage kosten kunnen worden geïmplementeerd. Ook kan, waar mogelijk, de apparatuur automatisch worden aangepast om altijd de hoogste prestatie te realiseren.

Nader onderzoek naar het dynamisch gedrag van verwarmingsinstallaties op basis van de verzamelde data wordt geadviseerd. Dit maakt het mogelijk om problemen met verwarmingssystemen (objectief) te kwantificeren en bovendien kan het de bepaling van de statische energie-efficiëntiewaarde verbeteren.

# 3 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

---

De datagedreven praktijkmetingen van verwarmingssystemen geven een ongekend inzicht in de energie-efficiëntie van de warmtehuishouding: opwekking, opslag, transport en isolatie.

In tegenstelling tot de huidige modelmatige aanpak geeft de methode inzicht in energieverbruik onder praktijkomstandigheden met daadwerkelijke weers-, installatie- en gebruiksomstandigheden. Bovendien neemt de data-gedreven aanpak de significante invloed van dynamische effecten (bijvoorbeeld bouwmasse, hydronische balancerings en directe luchtverwarming) mee. De hier uitgewerkte praktijk case laat zien dat een data-gebaseerde aanpak te prefereren is boven de huidige statische en modelgebaseerde aanpak. In lijn met ontwikkelingen in de informatietechnologie liggen er ook kansen in de combinatie van de data- en modelgedreven aanpak, waarbij data, praktische en theoretische veronderstellingen resulteren in een gevalideerd en data-gedreven model.

De datagedreven praktijkmetingen kunnen enerzijds worden gebruikt om het effect van energiebesparingsmaatregelen in de praktijk te kunnen vaststellen. Anderzijds geven ze de mogelijkheid voor een maatwerkadvies voor energiebesparing van het gemonitorde warmtesysteem. Gezien de noodzakelijke versnelling van de energietransitie is verdere uitwerking en implementatie van datagedreven metingen wenselijk én urgent. Het bescheiden demonstratieproject bewijst dat praktijkmetingen succesvol kunnen worden geïmplementeerd met eenvoudige én betaalbare apparatuur. De monitoring van vier woningen levert een grote hoeveelheid interessante gegevens op en geeft direct inzicht in effectieve besparingsmogelijkheden. Het is aan te bevelen om een groter vervolgproject op te zetten. Dit onderzoek zou een voorbereiding kunnen zijn naar een verdere uitrol in de praktijk

Voor het vervolgproject worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Meting in een grotere set woningen met een verscheidenheid in bouwjaren, huistypes energielabels en warmtesystemen (opwekking, opslag, transport en isolatie).
- Het toevoegen van een meting van de binnentemperatuur (net als bij de ketels).
- Het wijzigen van de meting van het gasverbruik. Deze meting moet nauwkeuriger en (boiler) merkonafhankelijk zijn, bijvoorbeeld op basis van de P1 poort van de gasmeter (of een combinatie met de huidige meting om nauwkeurigheid en een hoge frequentie te combineren).

Het belangrijkste resultaat van de metingen is de energie-efficiëntie, uitgedrukt als de relatie tussen energieverbruik en het verschil van de binnen- en buitentemperatuur. Daarnaast wordt aanbevolen om de volgende aspecten nader te onderzoeken in het vervolgproject:

- Nadere analyse van de relatie tussen de datagebaseerde energie-efficiëntie en de momenteel gebruikte modelmatige beoordeling van huizen. Hiermee kan de validiteit van de modellen in de praktijk worden gevalideerd.
- Nadere analyse van de gebruikte warmteopwekking, -opslag, -afgifte, -isolatiesystemen op de energie-efficiëntie. Hiermee kan de daadwerkelijke prestatie van bestaande energiebesparende maatregelen worden vastgesteld. In de toekomst kunnen hiermee ook de effectiviteit van nieuwe energiebesparende maatregelen worden vastgesteld. Ook kunnen bij grootschalige uitrol (ongewenste) trends in energieverbruik worden vastgesteld.
- Nadere analyse en verbeterde correctie van het effect van weerparameters (zon, wind en neerslag) op de energie-efficiëntie. Dit verhoogt de nauwkeurigheid van de bepaling van de energie-efficiëntie. Bovendien geeft het inzicht in weersinvloeden op de warmtehuishouding en mogelijkheden om deze te verminderen.
- Nadere analyse van het dynamisch gedrag van de warmtehuishouding middels een combinatie van data- en modelgebaseerde aanpak. Dit verhoogt de nauwkeurigheid van de bepaling van de energie-efficiëntie. Bovendien geeft het inzicht in de relatie tussen dynamisch effecten en het energieverbruik. Hiervoor is hoogfrequente monitoring (elke 10 s) vereist. Deze dynamische effecten spelen een grote rol in toekomstige warmtesystemen na de energietransitie. Het wordt aanbevolen om met name de volgende aspecten mee te nemen in vervolgonderzoek:
  - Het effect van de hydronische balans op de efficiëntie van warmtepompen
  - Het effect van de combinatie van hybride systemen met warmteopslag op energie-efficiëntie en kosten

# BIJLAGEN

---

1. Opdrachtbeschrijving "TOR Open -source -data praktijk-metingen hybride warmtepompen en afgiftesystemen", RVO d.d. 4 november 2020
2. DIRMA\_hardware\_list\_update\_25\_april\_NL.pdf
3. Project partners

# BIJLAGE 1: OPDRACHTBESCHRIJVING

---

TOR Open-source-data praktijkmetingen hybride warmtepompen en afgiftesystemen",  
RVO d.d. 4 november 2020

Datum: 4 november 2020

Auteur: ing. FEF (Felix) Lacroix, adviseur energietransitie en regionale ontwikkeling

## INTRODUCTIE

a) Hybride warmtepompen krijgen momenteel hernieuwde aandacht in het klimaatbeleid. Op papier hebben ze de potentie om een stevige bijdrage te leveren aan de verduurzaming van de gebouwde omgeving in Nederland. Maar de praktijk is vaak weerbarstig. Er zijn inmiddels diverse warmteopweksystemen waarmee de feitelijke hoeveelheid opgewekte energie met data uitlezing, secuur kan worden gemeten. Deze methode kan geschaard worden onder de term "evidence based datacollection & datavisualisatie".

b) In de RVO datastrategie van februari 2020 wordt beschreven dat de 'dataficering' van de samenleving één van de belangrijkste ontwikkelingen van dit moment is. Bijna alles dat we doen wordt uitgedrukt in data en door internet is alles bovendien met elkaar verbonden. Bedrijven maken hun dienstverlening steeds gemakkelijker en persoonlijker door steeds meer gebruik te maken van gegevens, voorspellende modellen en digitale technologie. Ook de overheid kijkt meer en meer naar mogelijkheden om gebruik te maken van data en data-analyse. EZK/ LNV beweegt mee met deze maatschappelijke, technologische en bestuurlijke ontwikkelingen. Informatie- en datagedreven werken staat inmiddels als prioriteit opgenomen in de strategische RVO agenda.

## DOEL

Het doel van het project is om samen met een aantal partners uit de warmte- en verwarmingspraktijk, een proefopstelling te maken bij een 10-tal woningen en deze met open source data en software te gaan meten. Het via "evidence based data collection" monitoren van prestaties van hybride warmtepompen en de invloed onderzoeken van:

- Schilkwaliteit van de woning;
- Buitentemperaturen;
- Diverse afgifte systemen;
- Waterzijdig inregelen.

## AANPAK

Bij een 10-tal woningen zal een proefopstelling van een hybride warmtepomp en afgiftesysteem gemonitord worden met behulp van open source data. Via een open-cloud-platform wordt deze informatie verzameld. Vervolgens analyseren hoe warmte opwekkers in de praktijk functioneren en welke aanpassingen welke effecten hebben op de energieprestatie.

De data zal worden geanalyseerd waarbij we tevens ervaring opdoen met manieren waarop:

- Data veilig kan worden opgehaald;
- Data veilig kan worden verwerkt met behulp van encrypty technologie;
- Data veilig kan worden gevisualiseerd;
- Data veilig kan worden gedeeld met partijen in de samenleving die de data inzetten ter bevordering van kennis en inzicht om de energietransitie te versnellen.

Belangrijke randvoorwaarde is dat partners gebruik maken van open-source-data én open-source-software.



## RESULTATEN EN VERWACHTINGEN

We wensen van een 10-tal woningen, waarvan we tot in detail weten hoe de verwarmingsinstallatie is opgebouwd, de energieprestaties in real-time te monitoren. Deze bestaande woningen worden in overleg geselecteerd. Middels IoT koppelingen die vanaf elk (hybride) warmte toestel worden verzonden, zal data verzameld worden. Door de data te combineren met vrij verkrijgbare Kadaster, KNMI en RVO data, kan een energieprofiel van woningen worden bepaald. De data zijn geanonimiseerd waardoor een individueel toestel niet te herleiden is naar een adres maar wel de link richting de weersomstandigheden is te maken. Daarmee worden uitgebreide data-analyses gedaan van vergelijkbare woningen die o.a. een puntenwolk van het gasgebruik voor verwarming laten zien voor een heel winterseizoen, in relatie tot het gemiddelde verschil tussen de binnen- en buitentemperatuur en met verschillende afgifte systemen.

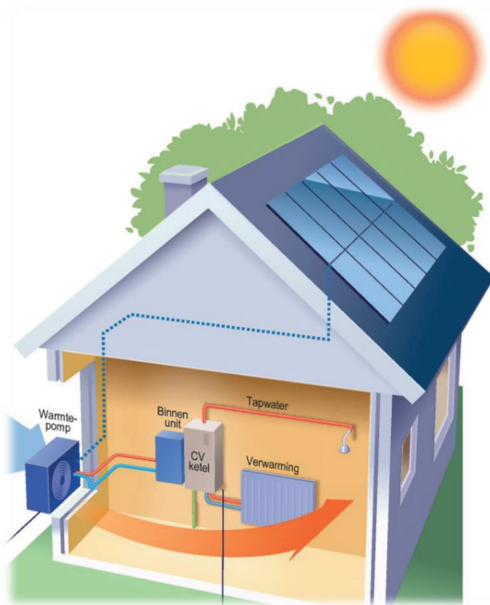
De data zullen geanalyseerd worden met als deliverables:

- De prestatie van hybride warmtepompen bij verschillende afgifte systemen.
- De benuttingsgraad prestatie van de hybride warmtepomp .
- Effect van regelstrategie.
- Effecten op COP.
- Effecten van waterzijdig inregelen.

# BIJLAGE 2: PRESENTATIE

DIRMA\_hardware\_list\_update\_25\_april\_NL.pdf

**INTERGAS®**



**HYBRIDE  
MONITOR  
HARDWARE**

**20-085-RD04**

24 apr. 2021

**INTERGAS®**

## Primaire doelen (Daikin Intergas Remote Monitor App (D.I.R.M.A.))

- Het ontwerpen en bouwen van apparatuur die nauwkeurig (1%, MID klasse B) het thermische en elektrische energieverbruik (tijdsresolutie < 10sec) van hybride (gas/elektrische) huishoudelijke verwarmingsapparatuur meet.
- Het off-site streamen, opslaan en analyseren van de data via een internetverbinding.
- Het bevestigen van de resolutie en nauwkeurigheid van de apparatuur voor het meetdoel.
- Verbeteringen van de apparatuur identificeren.

## Secundaire doelen (RvO)

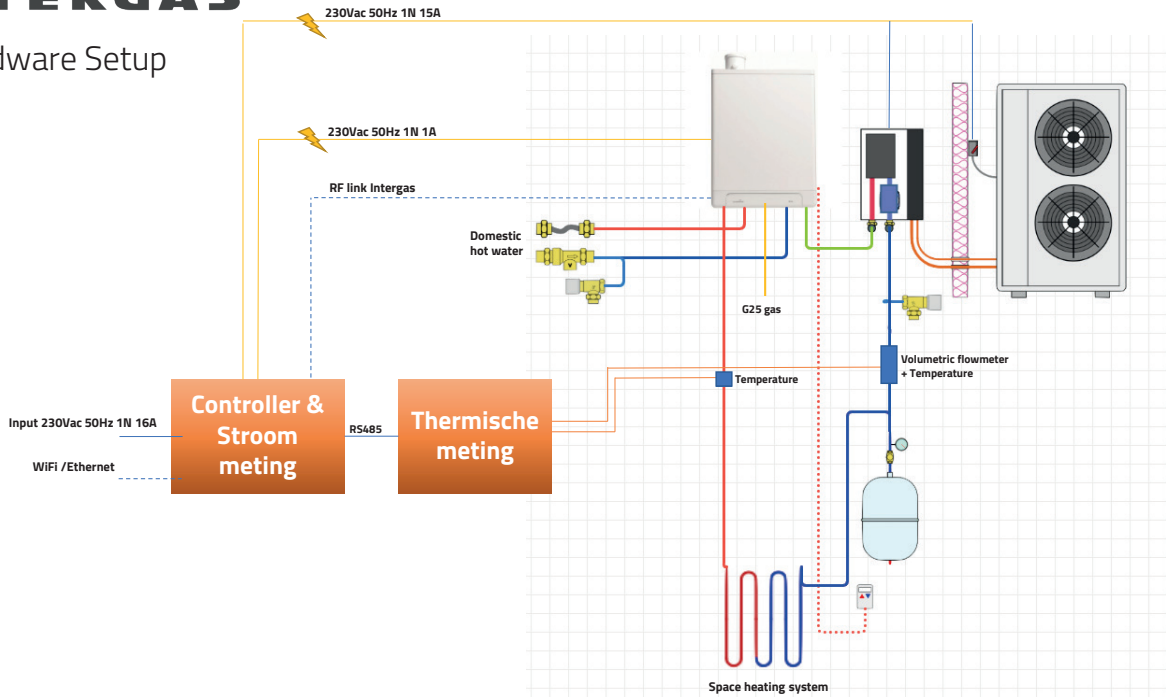
- Het meten en analyseren van de prestatie van bestaande hybride installaties in het veld geïnstalleerd buiten Intergas om.
- Het analyseren van de werking van de *Climate Booster* in een bestaande installatie.

## Project kader

- 6 maanden (winter 2020/2021)
- Kost prijs limiet van 1000euro / device
- Gebruik exclusief open source software en bestaande hardware
- Tot 10 huizen meten
- Bestaande CloudVPS virtuele server (Amsterdam)
- Goedkeuring en informeren van bewoners
- Het meten mag geen klachten, verlies van warmte/prestatie of terugkerend bezoek veroorzaken

# INTERGAS®

## Hardware Setup



# INTERGAS®

- Warmte wordt gemeten door de Kamstrup 403TA038511767 Heat meter (MID klasse B+D & TS TS27.02+DK268)



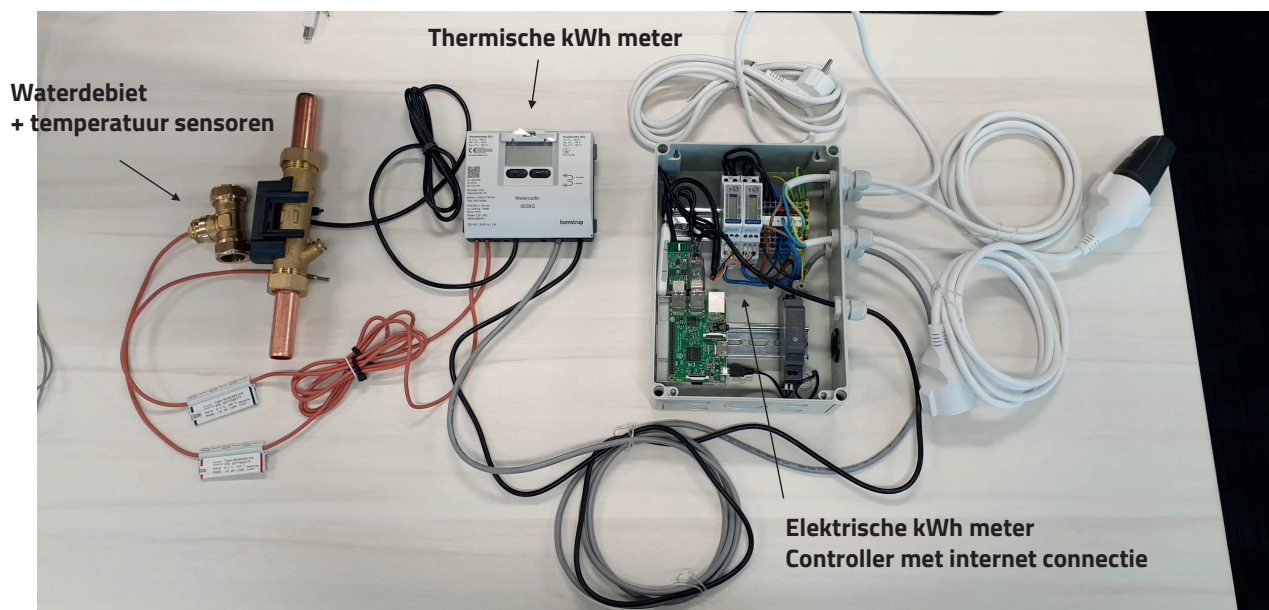
Heat meter components	MPE according to EN 1434-1	MULTICAL® 403, typical accuracy
Flow sensor	$E_f = \pm (2 + 0,02 q_p/q)$ , but not exceeding $\pm 5\%$	$E_f = \pm (1 + 0,01 q_p/q)\%$
Calculator	$E_c = \pm (0,5 + \Delta\theta_{min}/\Delta\theta)\%$	$E_c = \pm (0,15 + 2/\Delta\theta)\%$
Sensor set	$E_t = \pm (0,5 + 3 \Delta\theta_{min}/\Delta\theta)\%$	$E_t = \pm (0,4 + 4/\Delta\theta)\%$

- Elektrisch stroomverbruik wordt gemeten door de SDM120M Series met meetprecisie MID klasse B+D



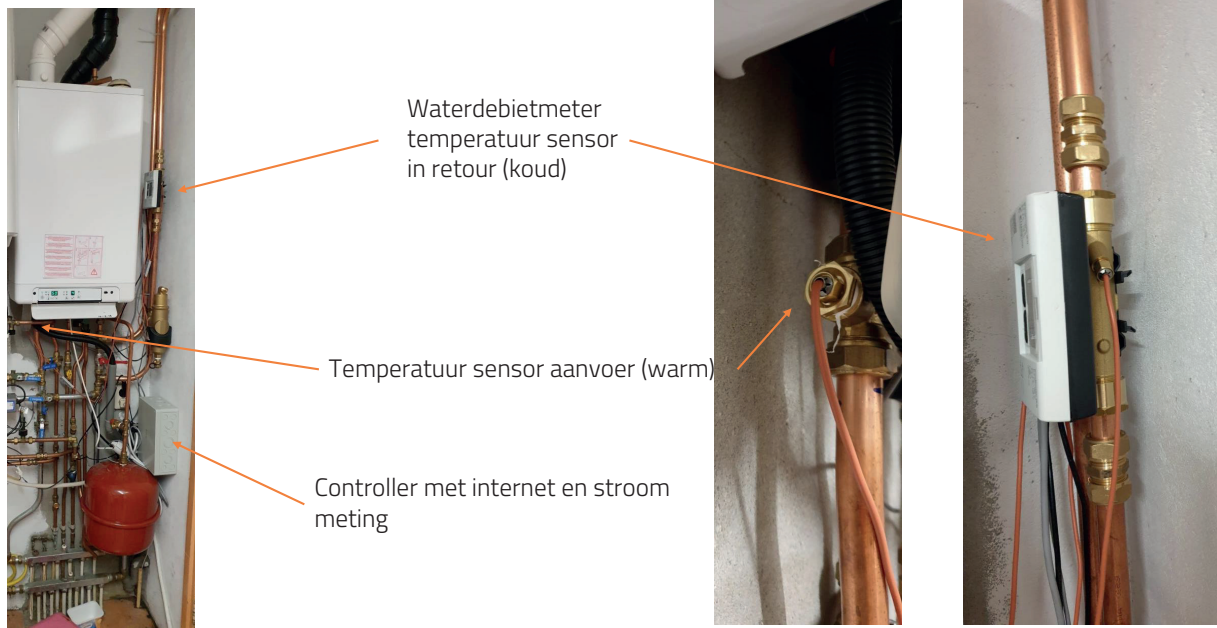
Voltage	0.5% of range maximum
Current	0.5% of nominal
Frequency	0.2% of mid-frequency
Power factor	1% of Unity
Active power	1% of range maximum
Reactive power	1% of range maximum
Apparent power	1% of range maximum
Active energy	Class 1 IEC62053-21
	Class B EN50470-3 (MID product only)
Reactive energy	1% of range maximum

# INTERGAS®



Component	Aantal	Functie	Estim. Cost ex BTW per house without assembly
Mean Well HDR-15-5 DIN-rail	1	Supply 5V to raspberry pi	14,04
Bachmann 341.2005 Current Cable extension 16 A White 2.00 m	2	230V connections to Boiler and Heatpump	2*9,32
FBS 3-5 - steekbrug FBS 3-5 Phoenix	2	DIN rail connection	2*0,56
Opschriftaccessoires ZB 5,LGS:L1-N,PE Phoenix Contact	1	DIN rail marking	0,72
Basetech XR-1638083 Stroom Aansluitkabel Zwart 2.00 m	1	230V input for measurebox	3,09
Joy-it rb-case+07 SBC-behuizing Geschikt voor: Raspberry Pi Voor DIN-railmontage Grijs	1	Raspberry Pi housing	10,74
Spelsberg RK 4/34-L. Serieklemmen-behuizing 254 x 180 x 90 Polystereen (EPS) Grijs	1	Housing for measurebox	<b>37,60</b>
Eastron SDM120-modbus MID	2	Electric power measurement for boiler and heatpump	<b>2*50</b>
Raspberry Pi 3 B 1 GB	1	Controller, data gathering, internet connection	<b>38,80</b>
Kamstrup Multical Ultrasonic Heat Meter 302 QP	1	Measure dT and H2O volumetric flow	<b>314,40</b>
Digitus USB 2.0 to RS485	1	Connect Kamstrup to Raspi	2,23
FBS 2-5 - steekbrug	1	230V connections	0,37
Basetech XR-1638083 Aansluitkabel Zwart 2m	1	230V connections	1,63
Wiska ESKV 10066412 Wartel M20 563968	5	230V connections	5*0,79
648-3114 ST 2,5-TWIN - 3031241	3	230V connections	3*1,00
648-3120 ST 2,5-TWIN BU - 3031254	3	230V connections	3*1,00
648-3136 ST 2,5-TWIN-PE - 3031267	1	230V connections	1,00
687-9782 D-ST 2,5-TWIN - 3030488	1	230V connections	0,326
Wiska EMUG 10060772 Wartelmoer M20   563508	5	230V connections	5*0,16
Wiska KRM 10063579 Verloopring 20/16 563554	4	230V connections	4*0,64
230V cable + male plug (from Integas factory)	1	230V input to controller	1,00
Small materials	1	Internal cables, connectors	10,00
Integas RF-stick	1	RF connection to Boiler	20,00
Copper coupling set (T, pipes, from Integas factory)	1	Connect Hydraulics	20,00
Omega DIN Rail 16cm	1	Hold components	1,50

## INTERGAS®



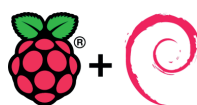
## INTERGAS®

### Monitor software

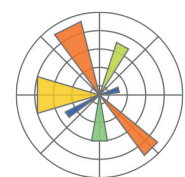
- De mini-computer Raspberry Pi draait op Raspbian Linux (open source)
- De applicatie software op de Pi voor de thermische en elektrische monitoring is geschreven door Intergas
- De cloud database is InfluxDB (open source) en draait ook op Linux (open source)
- Het visualiseren en instantaan doorrekenen wordt gedaan door Grafana (open source)
- Het nabewerken wordt gedaan door Python met Matplotlib (beide open source)



Linux



Raspbian

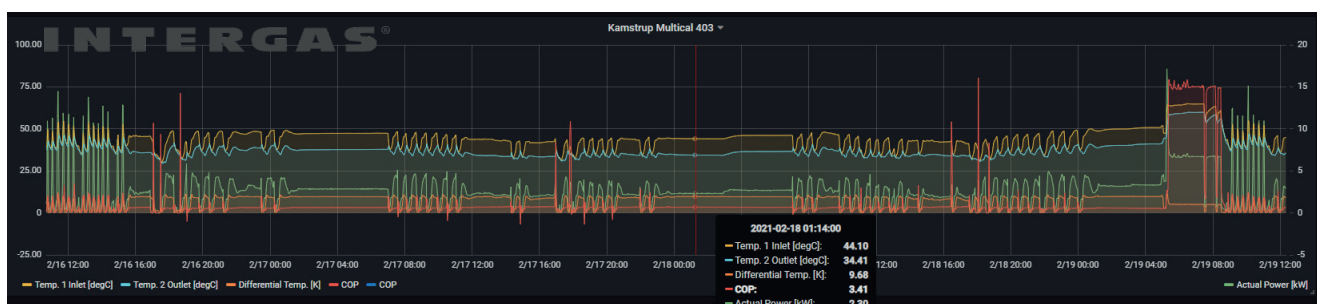


## Monitor gemeten data

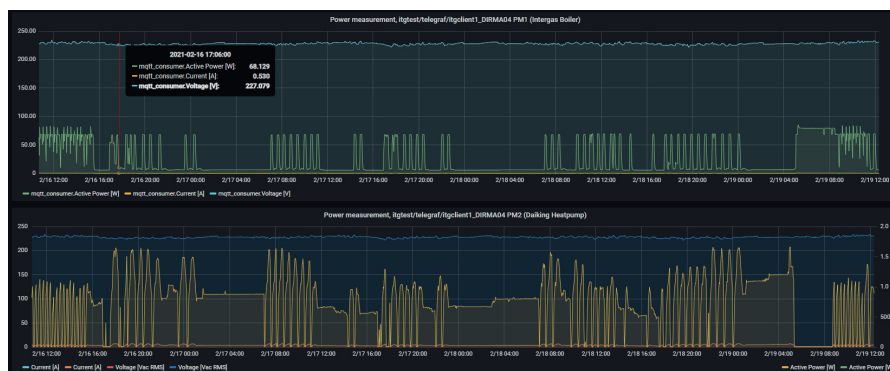
De meetapparatuur meet de volgende tijdsgebaseerde data elke <10s;

- Elektriciteitsgebruik (kWh) van de gasketel
- Netspanning en stroomgebruik van de gasketel
- Elektriciteitsgebruik (kWh) van de warmtepomp
- Netspanning en stroomgebruik van de warmtepomp
- Warmte (kWh) geproduceerd door warmtepomp en ketel
- Aanvoer en Retour temperaturen van de installatie
- Waterdebiet van de installatie
- Gasgebruik van de gasketel (op dit moment bepaald door de Intergas ketel logica)
- En veel meer..

Alle data wordt ogenblikkelijk verzonden naar de server in Amsterdam en wordt dus off-site opgeslagen.



Voorbeeld in Grafana dashboard; Continu worden de temperaturen, warmte, COP en elektriciteit gemeten.





# INTERGAS®



Voorbeeld; tijdens de ontdooistand van de warmtepomp wordt er tijdelijk een negatieve warmtelast (-10kW hier) gegenereerd.

## INTERGAS® Voorbeeld; Vier huizen



1. Morseweg Coevorden 1980 175m<sup>2</sup> rad + vvw



2. Boonakker Oosterhesselen 2004 182m<sup>2</sup> rad. + vvw

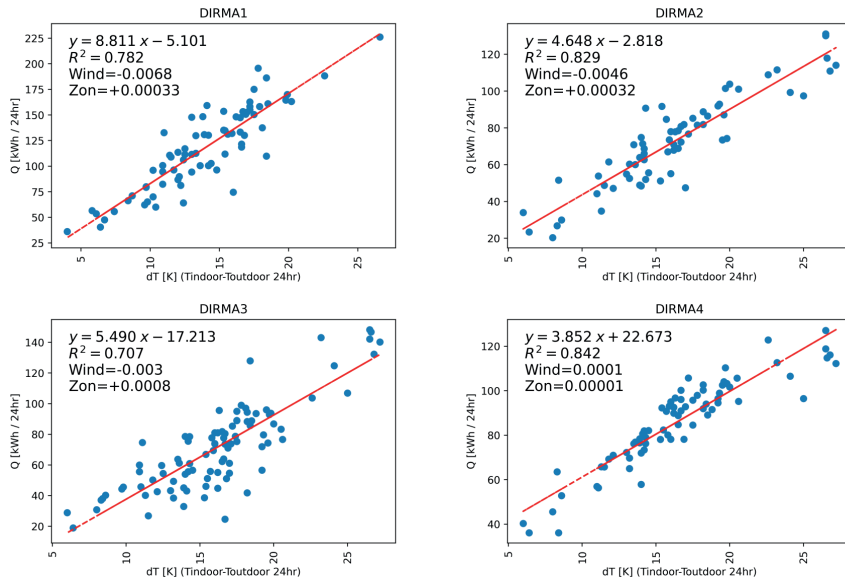


3. Kiezelweg Lutten 1914 256m<sup>2</sup> rad + vvw

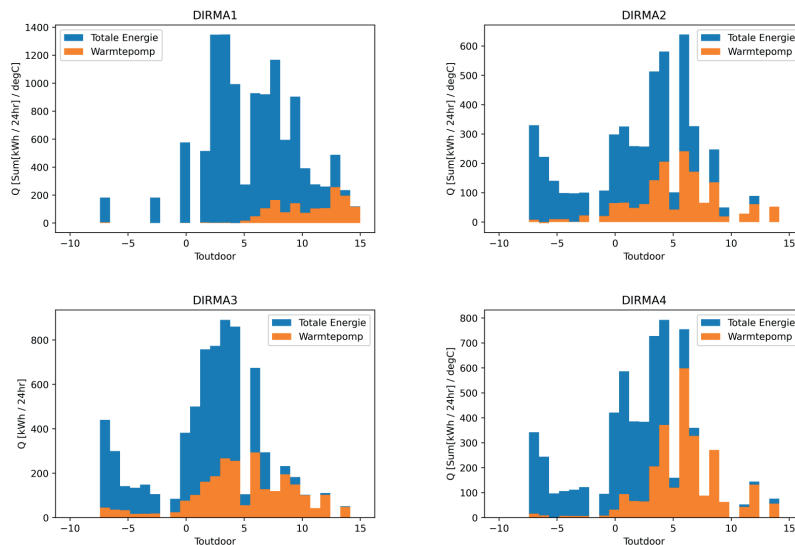


4. Oeverwaluw Emmen 1993 136m<sup>2</sup> rad.

# Bewerkte data – Dagelijkse warmtebehoefte

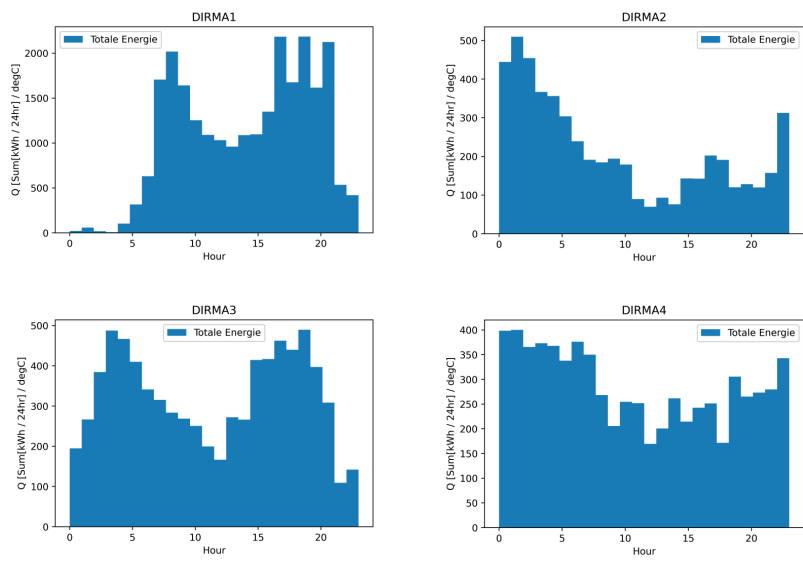


# Bewerkte data – Warmteverdeling Ketel/WP

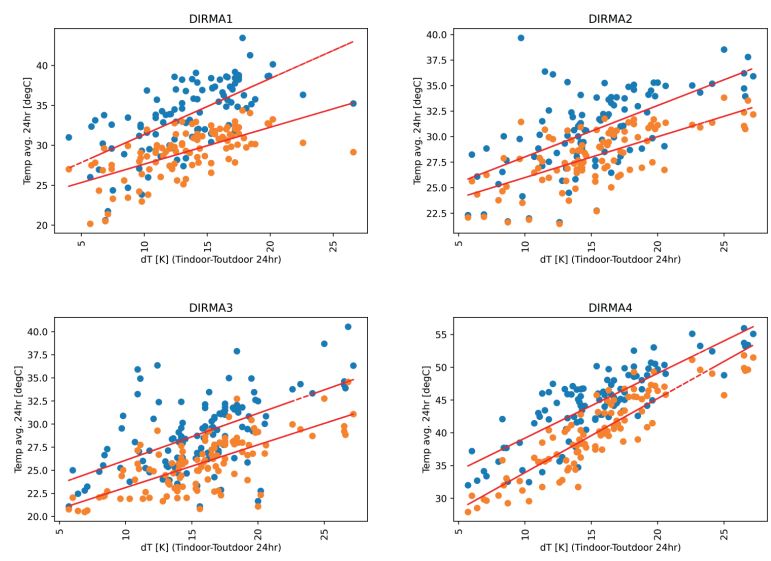




## Bewerkte data – Uurgebruik warmte per dag



## Bewerkte data – Gemiddelde aanvoer en retourtemp

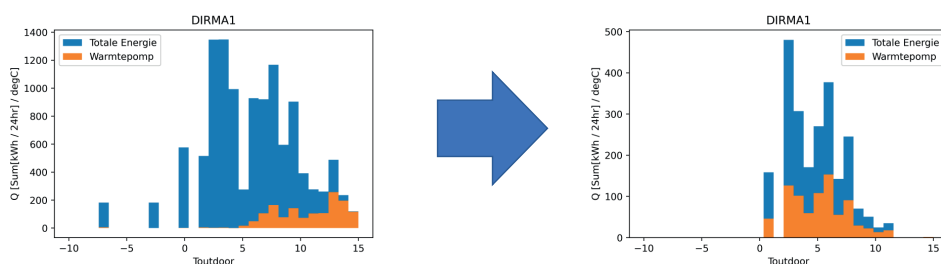


## Hoofdconclusies

- De meetapparatuur voldoet aan alle doelstellingen.
- High speed (<10s) monitoring is de enige manier om te visualiseren of het systeem optimaal werkt en waar mogelijke verbeteringen zitten.
- De Intergas Daikin monobloc Hybride functioneert in de vier voorbeeldwoningen slechter dan geanticipeerd.
- Door het analyseren van de data werd duidelijk dat er meerdere oorzaken zijn op het optimaal functioneren. Onder andere de instellingen van de thermostaat, het bewonersgedrag, het waterzijdig inregelen en dimensioneren van het systeem zijn erg belangrijk.
- Net zoals bij de Intergas ketels kunnen de meetmiddelen in de voeding en control van de hybride digitaal geïntegreerd worden. Alle benodigde meetdata komt dan vrijwel kosteloos beschikbaar.

## Hybride verbeteringen

- Als voorbeeld hebben wij in Maart/April de instellingen van de thermostaat bij Huis 1 veranderd. Hierdoor nam het aandeel warmtepomp significant (<5% naar >30%) toe. Daarnaast blijkt bij deze zeer slecht geïsoleerde woning de warmtepomp veel te klein; 5kW waar >12kW gewenst is.



## Hybride Verbeteringen



Huis 4 (boven) en Huis 1 (onder) laten een groot verschil zien in warmte afgiftecapaciteit onder gelijkwaardige condities (17liter/min).

Waarschijnlijk heeft Huis 4 een slecht waterzijdig ingesteld systeem of een te kleine warmte-afgifte voor optimale hybride functie.

## Hybride verbeteringen

Samengevatte mogelijke verbeteringen van de vier voorbeeldwoningen;

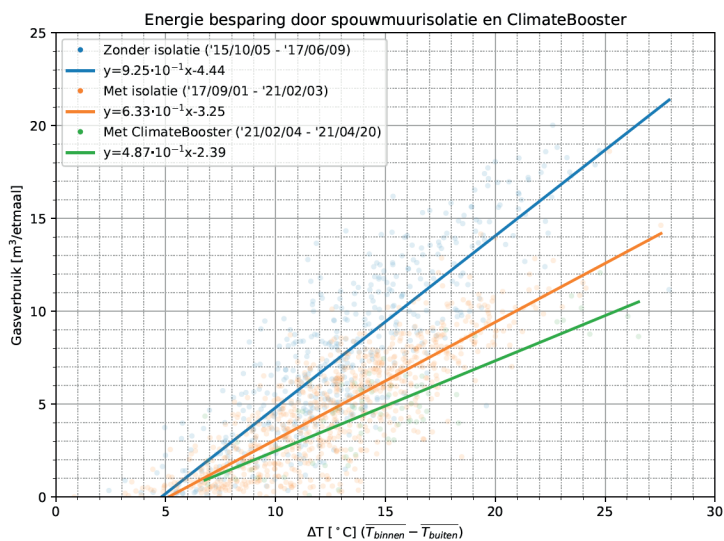
- Huis 1 zal een grotere warmtepomp moeten installeren of beter moeten isoleren voor een significante gasbesparing.
- Bij alle huizen zal het warmteafgifte systeem goed ingesteld moeten worden.
- Alle huizen behalve Huis 1 zullen nachtverlaging moeten gaan toepassen omdat de meeste energie 's nachts gebruikt wordt als er geen behoefte is aan verwarming.

## Climate Booster

- De climate booster is een toevoeging op een bestaande radiator om de afgiftecapaciteit te verhogen.
- Bij een enkele woning met een aantal jaren aan data is de climate booster toegepast om te kijken of deze een verbetering op het gasgebruik levert.



## Bewerkte data – Climate Booster



## Conclusies – Climate booster

- Een significante gasbesparing wordt gemeten in de woning door het gebruik van de climate booster. Meer onderzoek is nodig om hier een getal aan te hangen.
- Mogelijke redenen kunnen zijn;
  - Reductie van de afgifte temperaturen van de installatie.
  - Sneller opwarmen van de woning waardoor voorverwarmingstijd korter wordt.
  - Sneller opwarmen van de lucht rondom de thermostat waardoor de woning sneller op temperatuur lijkt. Als de lucht in woonkamer sneller opwarmt ziet de thermostat dat eerder maar ervaart de bewoner dat ook - de afkoelperiode van de woning zal echter gelijk blijven, de isolatie is immers hetzelfde - het verhaal kan dus zijn sneller opwarmen door betere afgifte, ergo kortere aantijd terwijl de uit-periode afkoeling gelijk blijft. Volgens deze redenering zou het wel eens zo kunnen zijn dat luchtverwarming een conceptueel voordeel heeft.
- De afbeelding op de vorige pagina betreft een dertiger jaren woning. Met spouwmuurisolatie (1 100 euro) en de climate booster is het gasgebruik voor verwarming bijna gehalveerd. Met relatief simpele middelen zijn enorme besparingen te realiseren.

## Overige meetapparatuur opmerkingen

- De elektrische aansluiting van de warmtepomp loopt vaak niet via de ketel maar direct naar de meterkast, dit maakt het aansluiten lastiger.
- Op dit moment wordt gasgebruik gemeten door een digitale ventilator in de Intergas ketel. Dit is niet zo uitgevoerd bij de andere merken.
- Door slimme digitale sturing van de hybride zijn net als bij de ketel alle benodigde metingen in het product te integreren.

## **INTERGAS®**

### Overige Hybride opmerkingen

- Bewoners en installateurs weten vaak weinig tot niets over het optimaal instellen van een hybride. De resultaten zijn pas zichtbaar op de jaarrekening en dan is niet te achterhalen waarom deze afwijkt van verwachtingen.
- De Daikin monoblock-Intergas combinatie heeft een groot nadeel dat het verwarmingssysteem onderbroken wordt bij tapvraag, en zo'n 20 minuten duurt voordat deze weer optimaal draait.
- Naast het instellen van de hybride is ook het inregelen en/of verbeteren van het afgifte systeem nodig om tot goede prestaties te komen. Voor grootschalige succesvolle toepassing lijkt hoogfrequent monitoring en opvolging van verbeteringen noodzakelijk.

## **INTERGAS®**

### Samenvatting meetapparatuur verbeteringen

- P1 poort (slimme meter) gebruiken voor gasmeting zodat ook het gasverbruik bij andere merken hybride gemeten kunnen worden.
- Kamertemperatuur meten m.b.v. een opentherm bridge en/of een los gekalibreerde sensor.
- SIM kaart / LTE module voor bewoner onafhankelijke dataverbinding.
- Extra watertemperatuursensor voor continue warmtepomp COP metingen.

# BIJLAGE 3: PROJECT PARTNERS

---

## PROJECTTEAM

<b>Peter Cool</b>	Intergas, Coevorden <p.cool@intergas.nl>
<b>Louis Visser</b>	Intergas, Coevorden <l.visser@intergas.nl>
<b>De Beijer</b>	RTB bv, Duiven <h.debeijer@ares-rtb.nl>
<b>Marion Bakker</b>	RVO, Utrecht <marion.bakker@rvo.nl>
<b>Felix Lacroix</b>	RVO, Roermond <felix.lacroix@rvo.nl>
<b>Wim Hemmes</b>	Installatiebedrijf Hemmes
<b>Wouter Hakvoort</b>	Universiteit Twente <w.b.j.hakvoort@utwente.nl>
<b>Mina Shahi</b>	Universiteit Twente <m.shahi@utwente.nl>

