

Twee winters met tweehonderd hybrides

Conclusies van een cruciaal demonstratieproject voor de warmtetransitie



Klimaatakkoord en de Hybride Route

'Om de doelstelling van 3,4 Mton CO₂-reductie in 2030 in de gebouwde omgeving te halen, moeten ongeveer 1,5 miljoen bestaande woningen verduurzaamd worden', aldus het doel voor de gebouwde omgeving uit het Klimaatakkoord van juni 2019. Vanwege hogere ambities en tegenvallers bij de uitvoering is dit doel zelfs flink opgehoogd tot maar liefst 10 Mton CO₂-reductie voor de gebouwde omgeving, als aangegeven in het Programma Versnelling Verduurzaming Gebouwde Omgeving uit 2022¹. De hybride warmtepomp moet bijdragen aan het halen van de klimaatdoelstellingen. De opstellers van de Klimaat en Energieverkenning van 2023 gaan uit van een CO₂-reductie potentieel van 1,7 Mton als een derde van de eengezinswoningen hun cv-ketel aanvult met een hybride². Dit komt neer op een jaarlijkse besparing van slechts 378 m³ aardgas per eengezinswoning. Een opvallend laag getal. Het laat zien dat er nog steeds onduidelijkheid is over het besparingspotentieel van hybride warmtepompen.

Deze onduidelijkheid was al in 2019, direct na het verschijnen van het Klimaatakkoord, reden voor de Rijksoverheid en de verwarmingsindustrie om in overleg te gaan en duidelijkheid te krijgen over het besparingspotentieel, de terugverdientijd en het comfort van de hybride warmtepomp. In eerste instantie is middels de gangbare modelmatige methode met gelijkwaardigheidsverklaringen gerekend aan het besparingspotentieel⁴.

De modelwerkelijkheid wijkt vaker van gemeten prestaties, waardoor partijen zich afvroegen wat nu de echte prestatie in de praktijk zou zijn. Deze vraag leidde tot het Demonstratieproject Hybride warmtepompen

in de gebouwde omgeving (hierna aangeduid als demoproject).

Inzicht vanuit de praktijk is essentieel voor huishoudens die willen verduurzamen; de hybride warmtepomp wordt gezien als een eenvoudige, snelle en betaalbare verduurzamingsoplossing voor de bestaande bouw. Een relatief klein en licht apparaat met een totaal gewicht, van binnen- en buitendeel, van circa 55 kg dat toegevoegd wordt aan de bestaande verwarmingsinstallatie. Aanpassingen aan de woning of de verwarmingsinstallatie zijn doorgaans niet nodig. Bovendien zou via de hybride route het gebruik van fossiel gas tot nul gereduceerd kunnen worden door isolatiemaatregelen, hybride tapwater, een opslagsysteem of verbetering van het afgiftesysteem. Een flexibele aanpak omdat vervolgstappen tot de eindoplossing gedaan kunnen worden afhankelijk van ontwikkelingen op het gebied van netwerken, opslag en hernieuwbare gassen.

Na het opzetten van het project, werven van deelnemers, installeren van de hybrides en twee stookseizoenen meten en analyseren, wordt nu vijf jaar na het Klimaatakkoord antwoord gegeven op de vraag of de hybride-route daadwerkelijk zo'n slimme aanpak is. De resultaten van het project hebben de betrokken partijen verrast.



Door Meten tot Weten

Geheel in de traditie van de experimentele fysica is besloten tot een – meten is weten – aanpak. Het is van belang op te merken dat het gezegde – meten is weten – eigenlijk een verbastering is van het oorspronkelijke: door meten tot weten. Dit gezegde is destijds door de Groningse hoogleraar en Nobelprijswinnaar Heike Kamerlingh Onnes bij zijn inaugurele rede in 1882 als zinspreuk geïntroduceerd³. Het gezegde geeft aan dat het uitvoeren van metingen en het bestuderen van de meetresultaten kan leiden tot inzicht en daarmee tot wetenschap. Juist deze bestuderingsstap, die in het gezegde verpakt is in het woord – tot – , is essentieel: Meetresultaten laten vaak onverwachte dingen zien die de opening zijn tot discussie en nieuwe inzichten. Het demoproject is hiervan een goed voorbeeld; het heeft geleid tot reacties van verbazing bij intern en extern betrokkenen.

Het woord – door – in het gezegde van Onnes geeft aan dat het uitvoeren van metingen ook nodig is om tot verklaringen en inzichten te komen. Voorwaarde hierbij is natuurlijk transparantie: alleen als anderen de meetresultaten en de verwerking daarvan kunnen nazien is er sprake van een herleidbaar of navolgbaar inzicht. Herleidbare en daarmee verifieerbare resultaten zijn de basis van wetenschap. In de data onderzoeksgemeenschap heeft dit geleid tot concepten als JupyterLab: een open omgeving waarin data, code, figuren en tekst aan elkaar verbonden zijn zodat eenieder kan nagaan hoe inzichten en conclusies tot stand zijn gekomen. Het demoproject is op deze manier uitgevoerd⁶.

Massa is Energie en Minder is Meer

Door Einstein is middels het beroemde verband, $E = m \cdot c^2$, de relatie tussen massa en energie geformuleerd. In de energietransitie is ook sprake van een relatie tussen massa en energie: voor het besparen, opslaan en opwekken van energie is materiaal noodzakelijk. Materiaal in de vorm van drie dubbele beglazing of isolatie voor muren en daken. Maar ook materiaal in de vorm van apparatuur voor de opslag van warmte en elektriciteit, voor het maken van synthetische brandstoffen of het opwekken van elektriciteit. De materialen en de apparatuur moeten worden gefabriceerd, geïnstalleerd, beheerd en onderhouden. Maakproducten schalen met materiaalkosten. Hoe meer materiaal hoe duurder het wordt. Een betaalbare energietransitie draait om zoveel mogelijk resultaat met zo min mogelijk materiaal.

De technische vooruitgang van de mensheid is gebaseerd op het beheersen van alsmat kleinere materiaal structuren. Dit kenmerkt de vooruitgang op vrijwel alle gebieden: computers, internet, zonnepanelen, batterijen, sensoren, besturingen, beeldschermen, mri

scanners, dna-techniek, enz. Verkleining maakt mogelijk wat eerder niet kon. Wat eerder zelfs voor onmogelijk werd gehouden. Door verkleining komen er nieuwe en betere oplossingen met de tijd.

Te veel investering nu geeft schulden en hoge kosten en die zijn extra zuur als het later voor minder beter kan.

Een betaalbare transitie draait dus ook om fasering en timing

De hybride route is een voorbeeld van een iteratieve minder naar meer evolutie. In overzichtelijke stappen die financieel snel renderend zijn wordt verduurzaamd met weinig materiaal gebruik. Met voortschrijdend inzicht en door innovaties worden de vervolgstappen beter dan verwacht.

Het Demoproject

Doelstelling van het demoproject was om in 200, qua bouwjaar en type uiteenlopende, woningen het effect van de plaatsing van een hybride te bepalen.

De hoofdonderzoeksvragen van het project waren:

- **Hoeveel is de daling van het gasgebruik na plaatsing van de hybride?**
- **Wat is het gevolg voor de energielast en daarmee rekening voor de bewoners?**

In het klimaatakkoord is gekozen voor een scope 1 benadering, waardoor de CO₂ emissies worden toegekend aan de organisaties of huishoudens die het uitstoten. De daling van het gasgebruik na plaatsing van de hybride is daarmee 1 op 1 een daling van de CO₂ uitstoot¹.

Het demoproject is uitgevoerd door de Smart Energy Foundation (SEF) die optrad namens de zes fabrikanten die deel uitmaken van de Vereniging Duurzame Warmte (VDW eerder NVI). Deelnemers konden zich via de opengestelde website aanmelden en zijn via het installateursnetwerk van de fabrikanten geworven. Aanmelding verliep middels het online aanmeldformulier, het inleveren van twee energie jaarrekeningen voorafgaand aan plaatsing van de hybride en een goedkeuring door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).

Voor het project is een meetset ontwikkeld die, onafhankelijk van het fabricaat van het toestel, de benodigde meetdata verzamelt. Middels de meetset worden energiestromen en temperaturen in de woning gemeten en via een mobiele netwerkverbinding doorgegeven aan het servercluster waar de data-analyse

werd uitgevoerd. Veruit de meeste deelnemers waren eigenaar van de woning. De woningen zijn niet bouwkundig aangepast en zonder tussenkomst van een energie prestatie adviseur (EPA) is de hybride door de bewoner en/of installateur geselecteerd.

Het project komt feitelijk neer op een verschilmeting. Het energiegebruik van de woning voor plaatsing van de hybride wordt vergeleken met het gebruik na plaatsing. Dit is ook de manier waarop bewoners er naar kijken. Door het project is het energiegebruik twee winters voorafgaand aan plaatsing en over twee winters na plaatsing samen met veel andere gegevens bekend. Over het algemeen zal het gebruik van de woning, zoals bijvoorbeeld het warm tapwatergebruik of de instelling van de thermostaat, redelijk constant zijn met de tijd. Dit blijkt ook uit de data. Middels een enquête onder de deelnemers is bevestigd dat veruit de meesten hun stookgedrag na plaatsing niet hebben veranderd en dat vrijwel iedereen tevreden is over de warmte van de hybride².



Gasbesparing en opbrengst

De hybride bespaart gas maar gebruikt daarvoor elektriciteit. De jaarlijkse opbrengst van de hybride laat zich eenvoudig beschrijven als:

$$\text{Opbrengst} = \text{gasbesparing} \cdot \text{gasprijs} \cdot \text{h-faktor}$$

De h-faktor geeft aan welk deel van de gasbesparing opbrengst voor de bewoner is. Een h-faktor gelijk aan 1 is ideaal; de bewoner kan de volledige gasbesparing in zijn zak steken. Een h-faktor gelijk aan 0 geeft aan dat de gasbesparing teniet gedaan wordt door het elektriciteitsgebruik of het niet functioneren van de hybride.

De opmerkelijke resultaten van het demoproject zijn dat zowel de gasbesparing als de h-faktor in de praktijk aanmerkelijk hoger bleken te zijn dan vooraf werd gedacht. Berekend waren een gasbesparing van 55% en een h-faktor 0,42⁴. Gemeten zijn echter een gasbesparing van 75% en een h-faktor van 0,60. De opbrengst van hybride verwarming is in praktijk veel hoger dan voorzien.

De getallen die hiervoor circuleren variëren een beetje maar een oudere rijtjeswoning of een 2 onder 1 kap woning gebruikt per jaar ongeveer 1600 m³ gas. Met de huidige gasprijs van 1,33 euro ⁷ is de jaarlijkse opbrengst voor de bewoner na plaatsing van de hybride:

$$957,59 \text{ [Euro]} = 0,75 \cdot 1600 \cdot 1,33 \cdot 0,60$$

Nieuw werkgebied

Geheel in de traditie van Onnes bleken de hybrides af te wijken van de modellen en meer gas te besparen en minder elektriciteit te gebruiken. Hoe is dit nu mogelijk? Door toevoeging van de hybride warmtepomp aan een bestaande cv-installatie gaat deze in een ander werkgebied opereren. Het minimum vermogen van cv-ketels ligt in de orde van 5-7 kW maar voor een hybride ligt dit in de orde van 1-2 kW. Een installatie met een hybride kan langdurig op laag vermogen en daarmee op lage watertemperaturen draaien. Veel lager dan met de cv-ketel mogelijk is. De hybride vergroot het werkgebied van de installatie en doet dus iets anders dan het vervangen van eerder energiegebruik van de cv-ketel (maar zo wordt wel gerekend). De hybride vergroot het modulatiebereik en verlaagt de watertemperaturen. Dat levert extra energiewinst.

Netbelasting

De beter dan verwachte prestatie van hybriden vertaalt zich ook in een lagere netbelasting. De gemiddelde vermogenslast van het demoproject, zelfs op dagen met temperaturen van rond de -5 graden ligt onder 1 kW. Aangezien de meeste laagspanningsnetten zijn uitgelegd op 1,5 kW per woning, hoeft netcapaciteit geen directe belemmering te zijn voor de installatie van hybride warmtepompen. Zonnepanelen en laadpalen spelen hier een grotere rol. De hiervoor aangegeven technische evolutie op het gebied van batterijen kan dit met de tijd oplossen⁸.

Data als sleutel voor verbetering

Bij het demoproject is gebleken dat in 20% van de gevallen de prestaties achterblijven waardoor de opbrengst voor de bewoner

significant minder is. Oorzaken hiervan zijn onvolkomenheden van de warmte-afgifte, de regeling van de installatie en/of installatiefouten. Momenteel ontbreekt het aan mechanismes in de markt waarmee gestimuleerd wordt dat een hybride samen met de in de woning aanwezige installatie goed presteert. Inmiddels is de techniek zover dat zonder extra apparatuur, met data van de hybride en de slimme meter de goede werking van de verwarmingsinstallatie als geheel vastgesteld kan worden. Dit uiteraard na toestemming van de bewoner die eigenaar is van de data. Door het in anonieme vorm toepassen van de grootschalige data ontwikkelingen kan het – door meten tot weten – van Onnes een nieuwe dimensie krijgen. Bewoners en/of installateurs kunnen, op eigen verzoek, worden geïnformeerd waar mogelijkheden tot verbetering van de verwarmingsinstallatie en de opbrengst daarvan liggen. De voorzet is gegeven met de EU data act. De weg is open naar een geautomatiseerd digitaal energieprestatie rapport met concrete verbeterpunten voor de verwarming van iedere woning.

Volgende stap

Als gevolg van de hogere gasbesparing bleek bij het demoproject dat de verwarming bij 55 van 152 woningen voor meer dan 95% werd ingevuld door de hybride. Bij vier deelnemers heeft de hybride de warmtevraag verwarming, de afgelopen twee winters, zelfs volledig overgenomen. Het restgebruik gas voor warmwater oplossen is de volgende grote stap. De komende jaren zijn er nog volop ontwikkelingen op het gebied van hybride tapwater, warmteterugwinning uit douchewater, goedkopere opslag en energiemanagement systemen. De hybride is snel terugverdiend. Afhankelijk van ontwikkelingen kan de volgende stap gedaan worden. Helemaal in lijn met de geschetste van minder naar meer evolutie.



Prijs, opbrengst en terugverdientijd

Zowel de stapsgewijze aanpak als de eenvoud van iedere stap van de hybride route sluiten aan bij de beginselen van massafabricage en de 80/20 aanpak van de economie. Beter met veel deelnemers en 20% van de kosten, 80% van het resultaat halen dan met enkele deelnemers en hoge kosten een 100% resultaat halen. Velen malen 80 is meer dan een paar maal 100. Bovendien kunnen zo de leercurve en de schaalwetten van de massafabricage sneller gevolgd worden. In een open economie leidt dat tot betere en goedkopere producten⁵. De 950 euro jaarlijkse opbrengst van de hybride warmtepomp staat momenteel in goede verhouding tot de aanschaf en installatiekosten van rond de 4000 tot 5000 euro (inclusief de subsidie). De terugverdientijd komt hiermee op 5 jaar

Uitgaande van het hiervoor aangehaalde minder is meer principe van materiaalgebruik en iteratieve verbetering is in te zien dat er nog

aanmerkelijke prijsverlaging mogelijk is. De afgelopen periode is de hybride door toenemende competitie en efficiëntere productie al in prijs verlaagd. Deze verlaging gaat nog niet de keten door. Belangrijk is dat regelgeving en de ontwikkeling van de markt goed bij elkaar aansluiten. Teneinde monopolies te voorkomen.

Praktisch en creatief

Na plaatsing van de hybride bleek bij de meeste deelnemers het gasgebruik voor warm water dominant. Gasgebruik voor koken is verwaarloosbaar en 30% van de deelnemers kookt op inductie. Sommige deelnemers bleken een extreem laag gebruik van warm tapwater te hebben. Bij navraag maakten ze gebruik van douchewater warmteterugwinning. Een oplossing die zelfs verkrijgbaar is ingebouwd in de douchegoot. In een geval had een deelnemer zelf met restmateriaal een douchewater warmteterugwinning gecreëerd. Het toont dat nog lang niet alle mogelijkheden worden benut en daarmee ook het belang van een stapsgewijze aanpak.

Conclusies en Vervolg

De conclusie van het demoproject is dat hybride verwarming gemiddeld een gas- en daarmee CO₂ besparing geeft van 75% en dat de jaarlijkse energielast rond de 1000 euro daalt (bijlage). Met de huidige energieprijzen en subsidie verdient de bewoner hybride verwarming binnen vijf jaar terug.

Zowel de gasbesparing als de prestatie van de hybride zijn in de praktijk aanmerkelijk hoger dan vooraf berekend. Dit komt doordat met hybride verwarming beter gebruik gemaakt wordt van de bestaande installatie.

De spreiding in de resultaten van het demoproject is groot. Bij een relatief grote groep deelnemers (20%) laat de meetdata een veel slechtere prestatie van de hybride verwarming dan gemiddeld zien.

De gasbesparing is 60% of minder en de daling van energielast is minder dan 500 euro (bijlage). De terugverdientijd gaat dan naar 10 jaar of meer.

Het in de inleiding aangehaalde PBL rapport geeft voor 2,5 miljoen eengezinswoningen voorzien van hybride verwarming een CO₂ emissie reductie van 1,7 Mton aan. Als de data van het demoproject op deze groep woningen wordt toegepast blijkt een emissie reductie van 6,3 Mton CO₂². Een opmerkelijk groot verschil met het planbureau. De hybride route is een stapsgewijze aanpak van de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Niet in een keer een onhaalbare spreadsheet oplossing met hoge kosten maar overzichtelijke praktijk stappen die betaalbaar zijn. Stappen die beter worden door innovaties en de van minder naar meer evolutie. Met velen een iets kleinere stap levert meer resultaat dan met enkelen een grote stap. Er is een overvloed aan rapporten en publicaties in het kader van de energietransitie die vol staan met

onnavolgbare stellingen. Het zicht op wat wel en niet werkt is vertroebeld. Het demoproject hybride verwarming heeft laten zien dat de werkelijkheid sterk afwijkt van de modellen. Geheel in lijn met het gedachtengoed van Onnes. De sensor en internet-of-things ontwikkeling heeft het in zich om met een – door meten tot weten – aanpak te komen tot een nieuw evenwicht tussen informatie en de betrouwbaarheid daarvan. De nieuwe EU data act vereist dat fabrikanten gebruiksdata volledig en gemakkelijk toegankelijk maken. Mits goed uitgevoerd kan dit voldoen aan de privacy regelgeving. Een aantal apparaten op de markt hebben de data zoals gebuikt in het demoproject al standaard aan boord. Een aparte meetset is niet meer nodig. Online registratie, meting en vergelijking van prestaties, zou de norm moeten worden. Op een zodanige manier dat de markt gestimuleerd wordt tot verbeteren. Dat is de datagedreven energietransitie.

Literatuur en verwijzingen

[1] – Programma_versnelling_verduurzaming_gebouwde_omgeving-1.pdf – pag 19 – <https://www.klimaatkoord.nl/actueel/nieuws/2022/06/02/hoofdlijnen-klimaatbeleid-voor-de-gebouwde-omgeving>

[2] – pbl-2023-klimaat-en-energieverkenning-2023-deel-1-5108.pdf
– pag 49 KEV – $2.5e6 * 1.8 * 378 * 1e-9 = 1.7 \text{ Mton CO}_2$
– tekst conclusies: $2.5e6 * 1.8 * 0.75 * 1800 * 1e-9 = 6.075 \text{ Mton CO}_2$

[3] – https://nl.wikipedia.org/wiki/Heike_Kamerlingh_Onnes

[4] – Rapport_Hybride_warmtepompen_NVI_sept2021.pdf (<https://verenigingduurzamewarmte.nl/wp-content/uploads/sites/10/2024/04/Rapport-Hybride-warmtepompen-NVI-sept2021.pdf>)

[5] – NVI-Haard-tot-Hightech-Heating.pdf (<https://verenigingduurzamewarmte.nl/van-haard-tot-hightech-heating/>)

[6] – Eindrapportage_aug_2024_60p200_def.pdf – hele tekst – Bijlage 11, voor bewonersenquête

[7] – <https://www.overstappen.nl/energie/energieprijzen/>
– juni 2024: gas 1,33 euro/m³ en elektriciteit 0,31 euro/kWh.

[8] – <https://aukehoekstra.substack.com/p/batteries-light-the-way-to-renewable>

Bijlage

Bijlage, gasbesparing en netto besparing van hybride verwarming [6].



