De mythe van de warmtepomp

ir. Martin F.G. van der Jagt
Apeldoorn mrt 2019

1. **Het hoge rendement van een warmtepomp**

De eerste keer dat ik werd geconfronteerd met de mythische eigenschappen van de warmtepomp was in 1966 tijdens het college thermodynamica van wijlen professor Westerdijk. Een warmtepomp kon mijn studentenkamer verwarmen door bijna 15 keer meer warmte naar binnen te pompen, dan aan elektriciteit werd verbruikt!
Hij rekende dat voor met de volgende formule het Carnot rendement geheten:

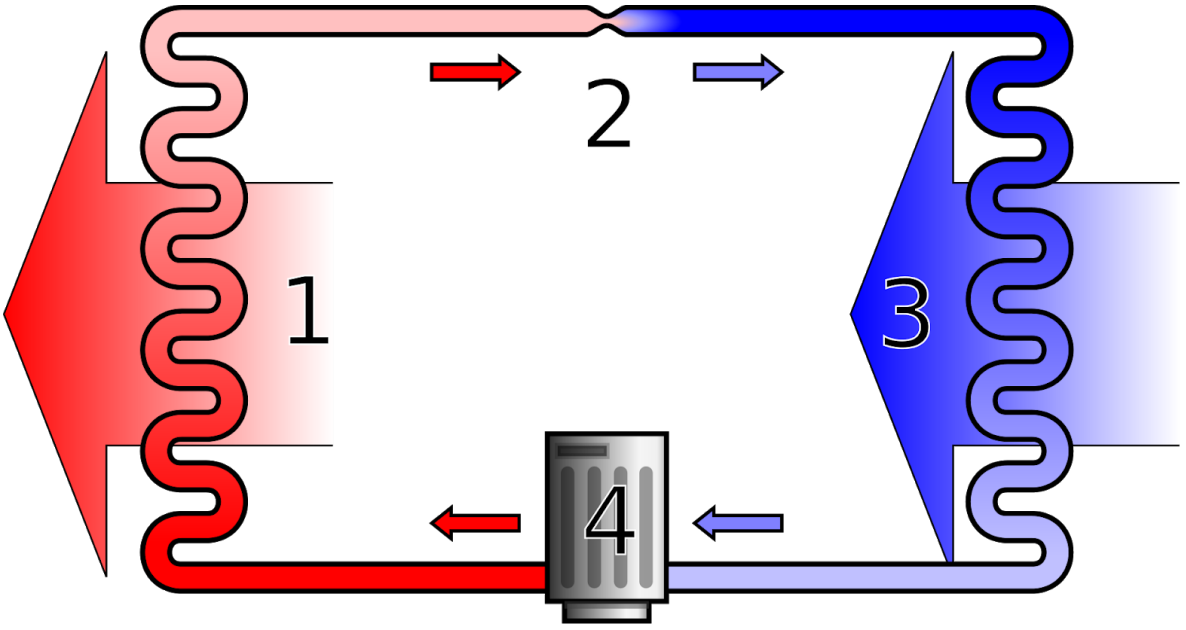
$$COP_{verwarming} = \frac{T_{warm}}{T_{warm} - T_{koud}}$$ (Alle temperaturen in Kelvin)

COP staat voor Coefficient of Performance(een soort rendement, dat > 100% kan worden!), temperatuur in Kelvin betekent, dat je bij alle temperaturen 273 graden moet optellen. Het Carnot rendement is het maximale rendement dat een warmtepomp kan bereiken.

Als voorbeeld nemen we een buitentemperatuur van 0 ^{o}C en een kamertemperatuur van 20 ^{o}C:

COP= 293/(293-273)=14,65

Dit betekent dat je met 1 kWh elektriciteit bijna 15 kWh warmte de kamer in zou kunnen pompen! Wij waren verbijsterd!
Het is waar, dat dit het theoretisch maximum is wat bereikt kan worden. Nu gaan we wat stappen maken naar de realiteit. Er zijn in ieder geval twee warmtewisselaars nodig en die hebben een temperatuurverschil nodig om warmte uit de buitenlucht te onttrekken en warmte de studentenkamer in te krijgen.



Schematische tekening van een warmtepomp: 1 is de condensor, 2 de turbine (eventueel smoorventiel), 3 de verdamper, 4 is de compressor.

Bij het verwarmen van 1 kamer zou je kunnen volstaan met deze opstelling, maar bij het verwarmen van een woning of een gebouw moet de warmte worden overgedragen aan een tweede medium, meestal water. Dan is er in elke ruimte een derde warmtewisselaar nodig om de warmte over te dragen van het water aan de lucht. In een traditioneel CV-systeem wordt een aanvoertemperatuur van 90 °C en een afvoer van 70 °C gebruikt. Dit zijn te hoge temperaturen voor een warmtepomp. Stel we gebruiken voor de warmtepomp een 40 - 30 systeem. Dan moet de condensor temperatuur van de warmtepomp 50 °C zijn. De verdamper temperatuur moet 10 °C onder de buitentemperatuur van 0 °C liggen. De maximale COP wordt dan 323/(323-263)= 5,38. Het rekenen met realistische temperatuurverschillen heeft al een aanmerkelijke daling van de COP tengevolge. Dan krijgen we vervolgens te maken met het feit, dat een werkelijk warmtepomp proces nooit het theoretisch maximale kan halen. Laten we aannemen dat we 70% van dat maximale kunnen halen (het is afhankelijk van het gekozen medium in de warmtepomp). De COP wordt dan 0,7 x 5,38 = 3,75. De elektriciteit die nodig is voor de aandrijving van de warmtepomp wordt vandaag in Nederland niet zonder fossiele energie gemaakt. Laten we aannemen dat het gemiddelde opwekrendement, inclusief zon en wind, 50 % is. Dan zijn er nog 5 % transport en transformator verliezen, dan komen we op 47,5 %. De COP wordt dan 3,75 x 0,475 = 1,43. Dat is dus heel wat lager dan de 14,65 van wijlen professor Westerdijk.

In de praktijk zullen warmtepompen vaak veel slechter presteren. Het valt al niet mee om een HR-ketel in een gebouw installatie een goed rendement te laten halen.

Een warmtepomp is nog veel gevoeliger voor installatiefouten en slecht ingestelde regelingen.
Hier een citaat over dit onderwerp:

Wat zijn jullie ervaringen met het rendement van hybride warmtepompen?[1]

Bijkerk: “Vanuit de praktijk zien we mooie besparingen, maar je moet hem alleen laten draaien als de COP voldoende hoog is. Dat betekent dat de regeling wanneer de warmtepomp draait en wanneer de cv-ketel, goed moet zijn. Het blijft een warmtepomp en die is net zo gevoelig als een gewone warmtepomp voor bron- en afgiftesysteem.”
Stap gaat daarin mee: “Het succes van een hybride warmtepomp zit in een juiste toepassing en met een juiste regeling. De meeste installateurs en leveranciers kunnen een geschikte woning situatie onvoldoende herkennen. Daarnaast wordt het rendement zelden gemeten in praktijksituaties. Er is dus zeer weinig bekend van rendementen in de praktijk. De enkele meting die ik ken valt zwaar tegen.”

2. De prijs van een warmtepomp

Eerst zal ik uitleggen waarom een warmtepomp veel duurder is dan een CV-ketel. Bij een CV ketel bestaat een temperatuurverschil van ca. 1000 K tussen de hete verbrandingsgassen en het op te warmen water. Hierdoor kan een groot vermogen via een kleine warmtewisselaar aan het water worden toegevoerd.
Een warmtepomp heeft twee warmtewisselaars met een temperatuurverschil van ca. 10 K. Hierdoor moeten deze warmtewisselaars relatief veel groter, zijn voor eenzelfde hoeveelheid warmte transport, als bij een CV ketel.
De veronderstelling van Diederik Samsom, dat bij een voldoende penetratie van warmtepompen in Nederland de prijs zal dalen klopt niet, zoals uitgelegd door Van Schayk, de CEO van Remeha in de Volkskrant van 7 jan. 2019. Hij zegt het volgende:

Cruciale onderdelen in warmtepompen zijn exact hetzelfde als die in airco's, en ze komen uit dezelfde fabrieken. 'Dus het is echt niet zo dat we straks door

[1] Bron: Wanneer is het zinvol om een hybride warmtepomp in te zetten? ; Indien de link niet werkt de url: https://www.hier.nu/themas/voor-energieprofessionals/wanneer-is-het-zinvol-om-een-hybride-warmtepomp-in-te-zetten

schaalvoordelen grote prijsdalingen krijgen. Op 1 januari voor de koffiepauze werkt zo'n fabriek even voor warmtepompen, de rest van het jaar voor airco's. Exact de zelfde spullen. Dus forget it: die prijzen gaan niet dalen als de vraag naar warmtepompen verdubbelt.'

3. Kunnen de elektriciteitsnetten een wijk met elektrische warmtepompen aan?

Ik denk dat dit erg tegenvalt. Zie bijvoorbeeld dit rapport:

KEMA rapport - Impact van warmtepompen op het elektriciteitsnetwerk

Published on Nov 2, 2010

KEMA rapport - Impact van warmtepompen op het elektriciteitsnetwerk, Arnhem, 7 juni 2010.Kenmerk: 50964306-TOS/NET 10-4026

(Voor het geval de link niet werkt de url van de bron: https://issuu.com/deteuge/docs/kema.rap.alliander_impact_wp_op_het_net)

5 **CONCLUSIE**

In Nederland worden in nieuwe en bestaande woonwijken steeds vaker elektrische warmtepompen (WP) toegepast, omdat dit een positief effect heeft op de energieprestatie-coëfficient van een woning. Een woonwijk met elektrische warmtepompen belast het elektriciteitsnet zwaarder dan een vergelijkbare wijk met conventionele gasgestookte CV-ketels. De belasting van de distributietransformator wordt ruim verdubbeld als alle huizen in een wijk een WP hebben. Als de WP's gebruik maken van elektrische bijverwarming, kan de belasting nog een factor 2 hoger uitvallen vanwege de hoge gelijktijdigheidfactor.

KEMA heeft in opdracht van Alliander een tweetal case studies geanalyseerd: de nieuwbouwwijken De Teuge in Zutphen en Aqua Vicus in Alphen aan den Rijn. Onderzoeksonderwerpen hierbij zijn: technische dimensionering en investeringskosten van het elektriciteitsnet volgens het ontwerp van Alliander, analyse van de capaciteit van het elektriciteitsnet aan de hand van meetgegevens uit de praktijk, investerings- en exploitatiekosten van de warmtepomp in vergelijking met de HR-CV-ketel (theoretische vergelijking en cijfers uit de enquête van Millward Brown).

Het project De Teuge in Zutphen is volledig mislukt. Daar zijn de warmtepompen vervangen door CV-ketels. (Zie dit artikel: **Warmtepompen verdwijnen uit De Teuge**)

Hier volgen nog een paar conclusies uit het genoemde KEMA-rapport[2]:

De conclusies uit deze case studies zijn:

Ten aanzien van het elektriciteitsnet:

- het is nog onduidelijk of het voor de dimensionering van het elektriciteitsnet in de woonwijk noodzakelijk is om uit te gaan van de maximale vraag van de WP's, inclusief elektrische bijverwarming, met een gelijktijdigheid van 1. In sommige typen warmtepompen doet de bijverwarming niet mee aan de automatische WP-regeling, maar is het alleen een noodvoorziening voor het individuele huis. Voor de gelijktijdigheids-berekening zou deze dan misschien niet meegeteld hoeven te worden. Voor de maximale belasting van de wijktransformator maakt het niet heel veel uit of de gelijktijdigheid van de warmtepompen op 1 of op 0,7 gezet wordt (deze laatste waarde komt uit de dimensionering van gasnetten)
- de meerkosten van het netwerk dat in Alphen is gerealiseerd t.o.v. het basisontwerp zijn ruim de helft van de oorspronkelijke netwerkkosten
- de meerkosten in Zutphen zijn bijna het dubbele van de oorspronkelijke netwerkkosten. Dit betekent dus bijna een verdrievoudiging van de netwerkkosten voor de integratie van warmtepompen t.o.v. het basisontwerp
- het net in Alphen is *niet* op de piekvraag van de WP's uitgelegd, het net in Zutphen wel. Een berekening voor Alphen met de piekvraag van de WP's levert meerkosten op van bijna 100%
- de kabels in Aqua Vicus zijn gedimensioneerd volgens de basisberekening zonder WP's. Een berekening met WP's, met een lage gelijktijdigheid, gaf dezelfde kabeldimensies. Omdat derhalve geen rekening is gehouden met een gelijktijdigheid van 1, is te verwachten dat bij extreme koude, als vrijwel alle WP's met hun bijverwarming aan staan, enkele van de kabels in Aqua Vicus overbelast zullen raken
- een kostenvergelijking van de situatie in Zutphen laat zien dat de investeringskosten voor een verzwaard E-net (all-electric) ruwweg het dubbele van de kosten voor het basis-E-net met een gasnet zijn. Analyse van andere wijken moet aantonen of dit een meer algemeen geldende uitkomst is

---

- door de inpassing van elektrische warmtepompen kan behalve het LS-net ook de capaciteit van het middenspanningsnet eerder dan verwacht bereikt worden, waardoor extra voorzieningen benodigd zijn, die extra kosten met zich meebrengen. Dit geval deed zich voor in Zutphen t.b.v. de nieuwbouwwijk De Teuge, waar een nieuwe MS-aansluiting op een onderstation gerealiseerd moest worden met een investering van ruim een half miljoen euro.

[2] Het KEMA-rapport kon ik niet downloaden; de conclusies heb ik verkregen via screenshots.

Ten aanzien van de elektrische warmtepompen:

- de investeringskosten voor een complete warmtepompinstallatie zijn op dit moment zeker het dubbele van de kosten voor een CV-gas-installatie. Met subsidies van rijks- en lokale overheden kan dit verschil (deels) worden weggenomen, zeker wanneer de koudelevering en EPC-maatregelen in de vergelijking worden meegenomen
- de exploitatiekosten van een WP en een CV liggen ongeveer in dezelfde orde van grootte, onder voorwaarde van een goede installatie van zowel de WP als de CV
- de vergelijking van de investerings- en exploitatiekosten van een WP-installatie met CV-gas kan met verschillende (op zich redelijke) aannames compleet naar een van beide kanten getrokken worden. Met een goed functionerende warmtepomp en het betrekken van comfortkoeling in de vergelijking komt de WP als aantrekkelijk uit de bus. Zonder waardering van koude en onder aanname van een minder goed functionerende warmtepomp scoort de HR-CV juist beduidend beter. Het is daarom sterk van de omstandigheden afhankelijk of een warmtepompinstallatie financieel aantrekkelijk is of niet
- de warmtepompen uit de referentiewijken gebruikten gemiddeld 4833 kWh/jaar. Deze meterstanden en de bevindingen uit de uitgevoerde enquête laten zien dat de WP-installaties niet optimaal functioneren en helaas de beloftes niet kunnen waarmaken. Dit verklaart waarom sommige mensen ontevreden zijn met hun warmtepomp en/of veel hogere kosten hebben dan verwacht.