

Kansen hybride luchtwater-warmtepompen bestaande bouw

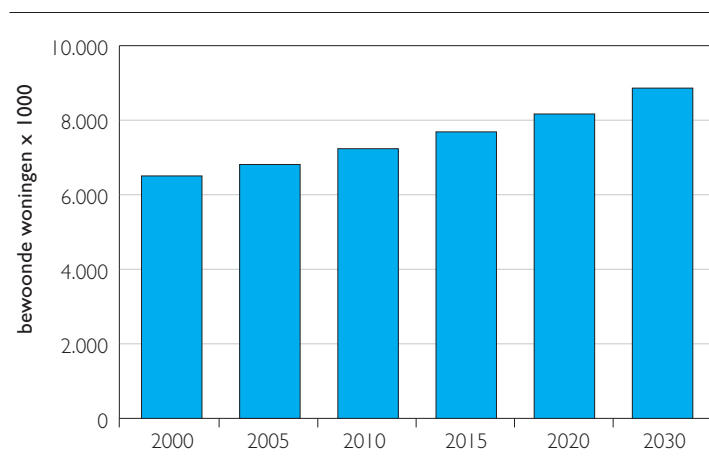
Dick Reijman

De bestaande woningbouw is één van de sectoren die een forse bijdrage kan leveren aan de duurzame energiedoelen van het kabinet. Nu spelen warmtepompen in de bestaande bouw nog een bijrol, maar de hybride lucht-waterwarmtepomp wordt wel gezien als één van de opties die kan bijdragen aan een efficiëntere warmteproductie. SenterNovem liet hiernaar een onderzoek uitvoeren.

Een lucht-waterwarmtepomp is een elektrisch aangedreven warmtepomp die buiten- en/of ventilatielucht gebruikt als bron. In combinatie met een hr-ketel of elektrische bijstook kan de lucht-waterwarmtepomp in bestaande woningen worden toegepast voor ruimteverwarming en de bereiding van warm tapwater. De warmtepomp voorziet in eerste instantie in het gevraagde vermogen, de hr-ketel of elektrische bijstook springt indien nodig bij. Door de combinatie van een lucht-waterwarmtepomp met gas- of elektrische bijstook is het niet nodig een laagtemperatuurverwarmingssysteem (ltv) in de woning te hebben. Ook in woningen met een hoogtemperatuursysteem kan de warmtepomp worden toegepast. Wel geldt dat de prestatie en dekkingsgraad van de warmtepomp veel hoger zijn dan wanneer sprake is van een laagtemperatuursysteem.

WONINGVOORRAAD EN WARMTEVRAAG

Om de kansen van hybride lucht-waterwarmtepompen te bepalen is eerst gekeken naar de ontwikkeling van de woningvoorraad (aantallen, bouwperiode en type) en de ontwikkeling van de warmtevraag. Het aantal bewoonde woningen zal naar verwachting toenemen van 6,5 miljoen in 2000 tot naar verwachting 8,9 miljoen in 2030 (afbeelding 1).



1. Ontwikkeling woningvoorraad in Nederland.

Geschat wordt dat in 2030 circa 95 procent van het woningbestand individuele, centrale verwarming heeft. Voor de woningen, gebouwd na 1995 is de gemiddelde vraag naar ruimteverwarming 20 GJ_{th} in 2000 en 15 GJ_{th} in 2020. Voor het jaar 2030 wordt uitgegaan van een gemiddelde vraag naar ruimteverwarming van 28 GJ_{th} voor woningen met bouwjaar < 2000 en 17 GJ_{th} voor woningen met bouwjaar > 2000. Er is dus sprake van een duidelijke afname in de vraag naar ruimteverwarming die toe te schrijven is aan energiebesparende maatregelen, zoals na-isolatie, en van een toename van de gemiddelde buitentemperatuur.

De verwachting is dat het gebruik van warm tapwater per persoon de komende jaren min of meer gelijk blijft. Omdat de gemiddelde gezinsgrootte afneemt, daalt de gemiddelde warmtevraag voor warm tapwater per woning.

Behalve buitenlucht kunnen warmtepompen ook ventilatielucht gebruiken als bron. Om ventilatielucht optimaal te benutten is de aanwezigheid van centrale, mechanische afzuiging een vereiste. Het aandeel mechanische ventilatie is in de loop van de bouwjaren fors toegenomen en is vooral hoog in de categorie woningen die sinds 1981 zijn gebouwd met percentages (> 60 procent).

Een andere belangrijke randvoorwaarde bij toepassing van warmtepompen is de aanvoertemperatuur voor het cv-systeem. Hoe hoger de temperatuur, hoe lager het rendement van de warmtepomp. Traditioneel werd het afgiftesysteem uitgelegd op 90 – 70 °C (aanvoer-retour). Van bestaande woningen wordt aangenomen dat het cv-systeem over het algemeen te veel capaciteit heeft ten opzichte van de werkelijke behoefte, onder andere door verbeteringen in de gebouwschil. Om het energiebesparings- en CO₂-reductiepotentieel van de hybride lucht-waterwarmtepomp vast te stellen wordt uitgegaan van de afgiftetemperaturen die de bestaande woningen aankunnen zonder grote aanpassingen (na-isolatie) van de woning.

KARAKTERISTIEKEN RUIMTEVERWARMING

Het energiebesparings- en CO₂-reductiepotentieel van de hybride lucht-waterwarmtepomp hangt af van het type wo-



bouwjaar					
		vrijstaande woning	twee onder een kap / hoekwoning	rijtjeswoning	meergezins/appartement
- 1930	nominaal vermogen van de condensor (kW _{th})	1,0 - 4,0	1,0 - 3,3	1,0 - 2,6	1,0 - 2,6
- 1930	dekkingsgraad warmtepomp	0,3 - 1,0	0,4 - 1,0	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0
- 1930	SPF-systeem	1,2 - 2,0	1,2 - 2,0	1,3 - 2,0	1,2 - 2,1
1930 - 1959	nominaal vermogen van de condensor (kW _{th})	1,0 - 3,6	1,0 - 3,0	1,0 - 2,2	1,0 - 2,2
1930 - 1959	dekkingsgraad warmtepomp	0,3 - 1,0	0,4 - 1,0	0,6 - 1,0	0,5 - 1,0
1930 - 1959	SPF-systeem	1,2 - 2,0	1,2 - 2,0	1,3 - 2,1	1,2 - 2,1
1960 - 1980	nominaal vermogen van de condensor (kW _{th})	1,0 - 4,1	1,0 - 3,1	1,0 - 2,3	1,0 - 2,3
1960 - 1980	dekkingsgraad warmtepomp	0,3 - 1,0	0,4 - 1,0	0,6 - 1,0	0,5 - 1,0
1960 - 1980	SPF-systeem	1,2 - 2,0	1,2 - 2,0	1,3 - 2,1	1,2 - 2,1
1981 - 1995	nominaal vermogen van de condensor (kW _{th})	1,0 - 2,5	1,0 - 2,1	1,0 - 1,8	1,0 - 1,8
1981 - 1995	dekkingsgraad warmtepomp	0,4 - 1,0	0,3 - 1,0	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0
1981 - 1995	SPF-systeem	1,1 - 1,9	1,1 - 1,9	1,2 - 2,0	1,2 - 2,0
1995 -	nominaal vermogen van de condensor (kW _{th})	0,8 - 1,5			
1995 -	dekkingsgraad warmtepomp	0,6 - 1,0			
1995 -	SPF-systeem	1,1 - 1,9			

Tabel 1. Eigenschappen van het lucht-waterwarmtepompsysteem in 2020 voor verschillende woningcategorieën en bouwperiodes.

ning, de ontwikkeling van de warmtevraag en de afgiftetemperatuur van het verwarmingssysteem. Tabel 1 geeft voor 2020 inzicht in de variatie van een aantal relevante systeem-eigenschappen en prestaties.

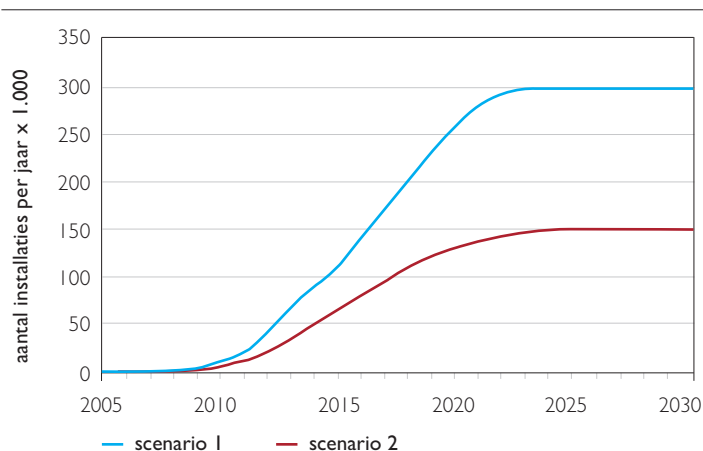
De SPF (seasonal performance factor) voor ruimteverwarming is voor het gehele systeem gedefinieerd als de verhouding van de jaarlijks geleverde ruimteverwarming en de som van de benodigde elektriciteit en aardgas voor de warmtepomp, bijstook en hulpenergie. De ranges in de tabel kunnen als volgt worden geïnterpreteerd:

- Nominaal thermisch vermogen van de warmtepomp: de lagere vermogens in de range zijn de systemen op binnenlucht (beperkt door het ventilatiedebiet), de hogere vermogens die op buitenlucht. De gecombineerde systemen op zowel binnen- als buitenlucht vallen binnen deze range. Het gemiddeld elektrische vermogen van de warmtepomp varieert tussen de 0,2 (binnenlucht) en 1,5 kWe (buitenlucht).
- Dekkingsgraad warmtepomp: bij 90/70-verwarmingssystemen zijn de dekkingspercentages relatief laag. Hoe hoger de afgiftetemperatuur hoe groter de dekkingspercentages.

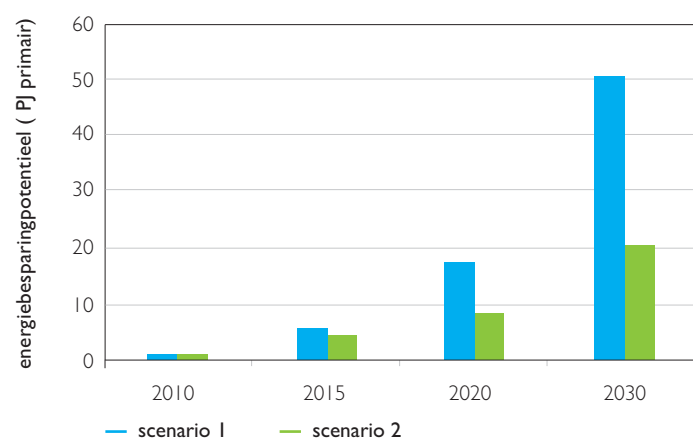
Met buitenluchtsystemen kunnen de hoogste dekkingspercentages worden behaald, omdat deze systemen qua vermogen niet worden beperkt.

- Prestatie van het systeem (SPF-systeem): de systeemprestatie wordt bepaald door de prestatie en dekkingsgraad van de warmtepomp. Lagere afgiftetemperaturen zorgen voor een verbeterde systeemprestatie. Buitenluchtsystemen kunnen door de hoge dekkingspercentages van de warmtepomp de hoogste systeemprestaties realiseren (waarbij het hogere dekkingspercentage dus opweegt tegen het lagere rendement van de warmtepomp ten opzichte van binnenvluchtsystemen).

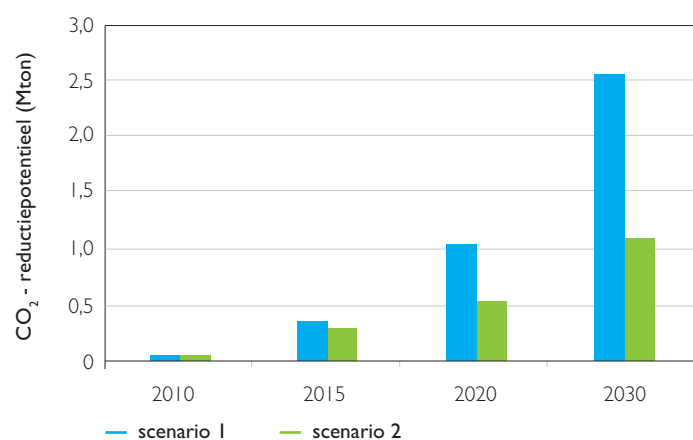
Aangenomen wordt dat de warmtapwatervoorziening door de warmtepomp via een buffervat loopt. Voor buitenluchtsystemen wordt een SPF van 2,1 aangehouden en voor binnenluchtsystemen een SPF van 3,5, beide inclusief circa 11 procent boiler- en buffervatverliezen. Buitenluchtsystemen kunnen 100 procent van de warmtapwateraanvraag dekken. Voor binnenluchtsystemen varieert de dekkingsgraad van de warmtepomp tussen de 30 en 70 procent en is vooral afhankelijk van de hoogte van de ruimteverwarmingaanvraag in de woning



2. Aantal geplaatste hybride lucht-waterwarmtepompen per jaar in de bestaande bouw.



3. Primaire energiebesparing hybride lucht-waterwarmtepomp voor ruimteverwarming.



4. CO₂-reductiepotentieel hybride lucht-waterwarmtepomp voor ruimteverwarming.

(waarmee de tapwaterbereiding moet concurreren vanwege de beperkingen in het ventilatiedebiet). Hoe lager de ruimteverwarmingvraag, des te hoger het percentage tapwaterlevering door de warmtepomp.

INTRODUCTIESCENARIO'S

De vervangingsmarkt voor gasgestookte ketels bedraagt circa 350 – 400.000 toestellen per jaar. Momenteel wordt de vervangingsmarkt gedomineerd door de hr-ketel. Bij het bepalen van het energiebesparings- en CO₂-reductiepotentieel van de hybride lucht-waterwarmtepomp wordt verondersteld dat de hybride lucht-waterwarmtepomp de rol van de hr-ketel als dominante techniek overneemt. Hierbij wordt uitgegaan van twee scenario's (afbeelding 2).

Als we kijken naar cumulatieve aantallen zien we in 2030 bij scenario 1 bijna 4 miljoen geïnstalleerde toestellen en bijna 2 miljoen in scenario 2. Aangenomen is dat de warmtepompen een technische levensduur van vijftien jaar hebben. Dit betekent dat in 2030 alle installaties, geplaatst vóór 2016, zijn vervangen door een nieuw exemplaar.

Voor de uitrol van de warmtepomp zijn de woningsegmenten waarbij de grootste besparing mogelijk is, het kansrijkst. Dit zijn vooral woningen met een hoge warmtevraag: oudere vrijstaande en twee-onder-één-kapwoningen. Een potentiële markt is bovendien de sociale huursector; in een combinatie met na-isolatie.

REFERENTIE

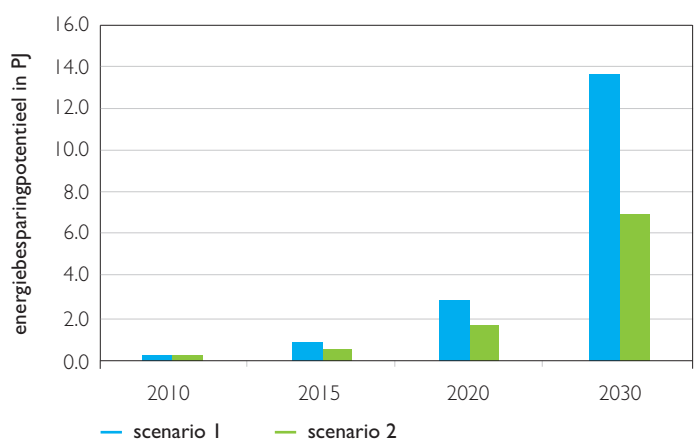
Om het besparingspotentieel te kunnen berekenen wordt warmteopwekking met de lucht-waterwarmtepomp vergeleken met een referentietechnologie. Voor de Nederlandse woningbouw is de HR-107 (combi)ketel de meest toegepaste referentie. Het bijbehorende rendement wordt ontleend aan de nu geldende EPN NEN 5128:20041:

- ruimteverwarming 105 procent op onderwaarde (afgiftesysteem);
- warm tapwater 75 procent op onderwaarde (hr-ww-label).

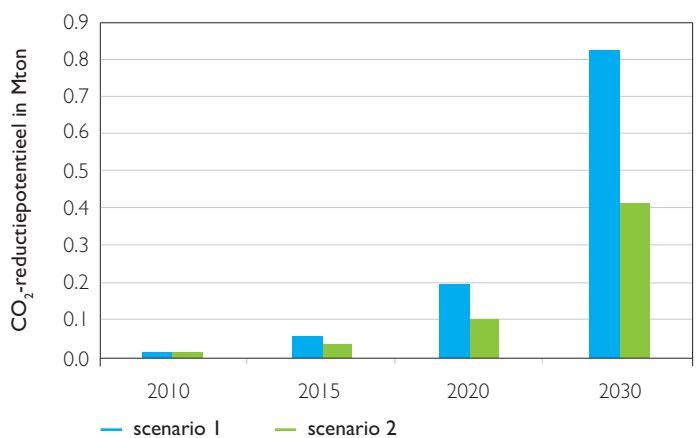
Gezien de geringe ruimte voor verbetering wordt het referentierendement voor ruimteverwarming constant gehouden voor de periode tot en met 2030. Voor warm tapwater wordt wel rekening gehouden met een rendementsverbetering:

- 2010 – 2015 83 procent op onderwaarde;
- >2015 89 procent op onderwaarde.

In de potentieelstudie wordt van zowel de lucht-waterwarmtepomp als de referentietechnologie de benodigde



5. Energiebesparingspotentieel lucht-waterwarmtepomp voor tapwaterverwarming.



6. CO₂-reductiepotentieel van de lucht-waterwarmtepomp voor tapwaterverwarming.

hulpenergie in beschouwing genomen. Voor de hr-ketel is deze gebaseerd op de forfaitaire waarden uit NEN 5128:2004:

- cv-ketelelektronica (0,88 x verwarmd gebruiksoppervlakte) kWh;
- cv-ketelventilator (0,56 x verwarmd gebruiksoppervlakte) kWh;
- geregelde circulatiepomp (1,10 x verwarmd gebruiksoppervlakte) kWh.

Voor vrijstaande woningen wordt een verwarmd gebruiksoppervlak van 200 m² aangehouden. Voor twee-onder-één-kapwoningen 150 m². Voor rijtjeswoningen en appartementen 80 m². De SPF van een hr-ketel voor een rijtjeswoning met 35 GJ ruimteverwarmingsvraag bedraagt inclusief hulpenergie 1,01 (onderwaarde). Voor de opwekking van elektriciteit wordt uitgegaan van de BAT (best available technology).

Het waarschijnlijkst is dat de operational margin wordt bepaald door gasgestookte centrales. Hierbij hoort een emissiefactor tussen de 325 en 430 gr CO₂/kWh, met als middenwaarde 385 gr CO₂/kWh bij een elektrisch rendement van 52,5 procent ofwel 50,5 procent (onderwaarde) bij de gebruiker; rekening houdend met 3,9 procent transport- en distributieverlies.

In een scenario met een beperkte reductiedoelstelling is de BAT een gasgestookte Steg-centrale. Dit type centrale heeft een emissiefactor tussen de 300 en 350 gr CO₂/kWh met een middenwaarde van 325 gr CO₂/kWh bij een rendement van 62 procent ofwel 59,6 procent (onderwaarde) bij de gebruiker; rekening houdend met 3,9 procent transport- en distributieverlies.

De emissiefactor van een nieuwe centrale, gebouwd rond 2030, ligt globaal tussen de 90 en 150 gr CO₂/kWh met als middenwaarde 120 gr CO₂/kWh bij een rendement van 43 procent ofwel 41,3 procent (onderwaarde) bij de gebruiker; rekening houdend met 3,9 procent transport- en distributieverlies.

BESPARINGSPOTENTIEEL

Op basis van de referentie is in afbeeldingen 3 en 4 de ontwikkeling van het energiebesparings- en CO₂-reductiepotentieel te zien voor de periode 2010-2030 te zien.

In afbeelding 5 wordt de ontwikkeling van het energiebesparingspotentieel van de hybride lucht-waterwarmtepomp getoond voor de periode 2010-2030. Op basis van informatie van fabrikanten wordt verondersteld dat na 2015 ook warm tapwater (deels) door de warmtepomp wordt geproduceerd. In 2030 omvat het energiebesparingspotentieel 7 - 14 PJ. Afbeelding 6 geeft het CO₂-reductiepotentieel voor tapwaterverwarming. In 2030 bedraagt het reductiepotentieel in scenario 1 ruim 0,8 Mton en in scenario 2 meer dan 0,4 Mton. In scenario 1 zijn in 2020 ruim 1,3 miljoen en in 2030 bijna 4 miljoen hybride lucht-waterwarmtepompen geplaatst. In scenario 2 zijn dat er respectievelijk ruim 700.000 (2020) en ruim 2 miljoen (2030). In tabel 2 en 3 is een overzicht gegeven van de energiebesparing en CO₂-reductie die met deze installaties mogelijk zijn.

Als we ook nog rekening houden met het effect van 'low carbon' elektriciteitsopwekking, dan stijgt bij een kolencentrale met CO₂-opvang en opslag het CO₂-reductiepotentieel van 3,4 - 5,4 Mton.

In het onderzoek is ook nog gekeken naar het effect van nisolatie, bijvoorbeeld bij een typische rijtjeswoning uit de periode 1960 - 1980. De ruimteverwarmingsvraag van deze



	scenario 1		scenario 2	
	energiebesparing (PJ primair)	CO ₂ -reductie (Mton)	energiebesparing (PJ primair)	CO ₂ -reductie (Mton)
ruimteverwarming	18,0	1,1	9,3	0,6
warm tapwater	3,0	0,2	1,6	0,1
totaal	21,0	1,3	10,9	0,7

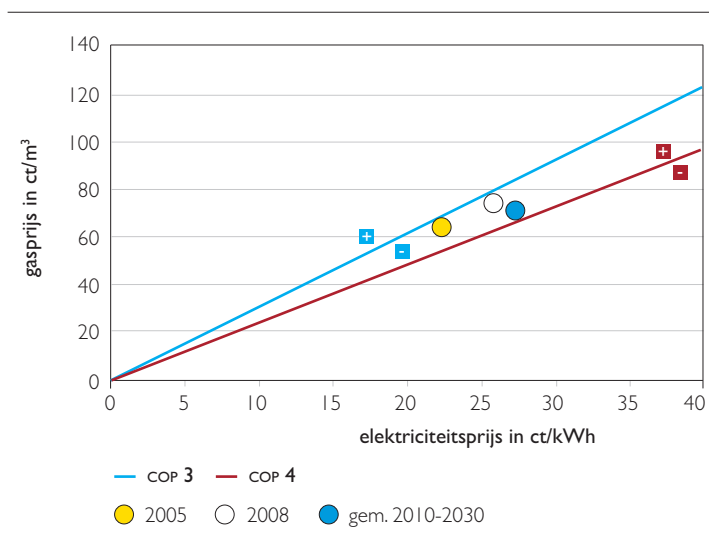
Tabel 2. Energiebesparings- en CO₂-reductiepotentieel hybride lucht-waterwarmtepomp in 2020.

	scenario 1		scenario 2	
	energiebesparing (PJ primair)	CO ₂ -reductie (Mton)	energiebesparing (PJ primair)	CO ₂ -reductie (Mton)
ruimteverwarming	50,3	2,6	21,0	1,2
warm tapwater	13,7	0,8	6,9	0,4
totaal	64,0	3,4	27,9	1,6

Tabel 3. Energiebesparings- en CO₂-reductiepotentieel hybride lucht-waterwarmtepomp in 2030.

	2005	2010	2015	2020	2030	gem. 2010-2030
aardgas	62,4	65,5	66,5	67,9	68,5	67,4
elektriciteit (ct/kWh)	23,4	26,9	27,1	27,7	27,3	27,1
verhouding gas-elektriciteit	2,67	2,43	2,45	2,45	2,51	2,58

Tabel 4. Energieprijzen kleinverbruikers (in 2008 euro's inclusief btw) volgens hogeprijsscenario.



7. Break-evenlijn gelijke energiekosten ten opzichte van referentiesituatie (hr-ketel) voor verschillende warmtepomp-COP's.

woning bedraagt gemiddeld 35 GJ_{th}/jr. We gaan ervan uit dat er al enkele energiebesparende maatregelen zijn getroffen (bijvoorbeeld dubbel glas) maar dat de afgiftetemperatuur van het verwarmingssysteem niet kan worden verlaagd (dus 90 – 70 °C). De woning wordt nu grondig aangepakt (hr⁺⁺-glas, dak- en vloerisolatie) waardoor de warmtevraag daalt naar 16 GJ_{th}/jr en vergelijkbaar is met een moderne woning. De radiatoren worden niet vervangen, waardoor het nu mogelijk is de afgifte- en aanvoertemperatuur te verlagen naar 50 – 40 °C.

ENERGIEREKENING EN INVESTERINGSRUIMTE

Een belangrijk argument om te investeren in een efficiënter verwarmingstoestel is de besparing op energiekosten. Bij een elektrisch aangedreven lucht-waterwarmtepomp wordt de gasrekening verlaagd, doordat de warmtepomp een deel van de warmtelevering van de ketel overneemt. Tegelijkertijd wordt een hogere elektriciteitsrekening betaald, omdat de warmtepomp zorgt voor extra elektriciteitsverbruik. Of deze som resulteert in een verlaging van de energierekening hangt af van twee factoren:

- de COP van de compressor ten opzichte van de referentieketel;
- de verhouding tussen gas- en elektriciteitsprijs.

Of de energierekening hoger of lager uitvalt, is dus afhankelijk van de verhouding tussen de gas- en elektriciteitsprijs en van de prestatie van de warmtepompcompressor. In afbeelding 7 is voor twee verschillende COP's een breakevenlijn voor gelijke energiekosten weergegeven. Elke lijn geeft de verhouding tussen gas- en elektriciteitsprijs waarbij de energierekening voor verwarming gelijk is aan de referentiesituatie (verwarming met een hr-ketel). Als de werkelijke verhouding van de prijzen boven de desbetreffende lijn zit, dan is de energierekening bij die specifieke COP lager dan bij de referentiesituatie. Omgekeerd betekent een ongunstige verhouding tussen gas- en elektriciteitsprijs dat de energierekening hoger uitvalt.

Auteur

Dick Reijman

Dit artikel is een bewerking van het rapport 'Energiebesparings- en CO₂-reductiepotentieel hybride lucht-waterwarmtepomp in de bestaande woningbouw', auteurs: Robert Harmsen, Pieter van Breevoort (Ecofys), Wilko Planje (TNO), Ernst-Jan Bakker (ECN), Peter Wagener (BDH).