

ECONOMISCHE ASPECTEN VAN HET GEBRUIK VAN DE WARMTEPOMP VOOR VERWARMINGSDOELEINDEN

Ing. J. F. van der Horst

1. INLEIDING

De dreigende uitputting van de beschikbare fossiele brandstofvoorraden en de stijgende prijzen van deze brandstoffen hebben tot gevolg gehad dat alom wordt gestreefd naar een betere brandstof- en warmte-economie bij het verwarmen van woningen en gebouwen.

Een van de mogelijkheden hiertoe is het inzetten van warmtepompen, welke warmte onttrekken aan de omgeving en deze warmte op een hoger temperatuurniveau weer afgeven aan het gebouw.

De belangrijkste warmtebronnen voor de warmtepomp zijn: buitenlucht, grond-, rivier- of zeewater, de bodem en directe zonnewarmte.

Van deze warmtebronnen is de buitenlucht altijd en overal beschikbaar en in dit opzicht zeer geschikt als warmtebron.

Lucht/lucht-warmtepompen zijn een gemakkelijk verkrijgbaar serieprodukt waarvan de thermische efficiency redelijk goed bekend is.

In de volgende beschouwingen zullen daarom de mogelijkheden voor toepassing in verwarmingssystemen van deze warmtepompen worden nagegaan.

Voor de praktische toepassingsmogelijkheden van verwarmingssystemen met warmtepompen zijn uiteraard de verwarmingskosten en de besparing van fossiele energie t.o.v. *conventionele met aardgas gestookte verwarmingssystemen* van groot belang.

Voor een aantal verwarmingssystemen met elektrisch aangedreven lucht/lucht-

warmtepompen en voor een conventioneel verwarmingssysteem zijn de verwarmingskosten en het verbruik van fossiele energie berekend.

Vervolgens is nagegaan welke invloed de energieprijzen, de efficiency van de warmtepompen en de investeringskosten hebben op de verwarmingskosten van de warmtepompsystemen t.o.v. die van het conventionele verwarmingssysteem.

2. WERKING VAN DE WARMTEPOMP

Warmtepompen werken volgens hetzelfde principe als de bekende koelmachine.

De benaming 'warmtepomp' wordt gebruikt wanneer niet de in de verdamper geproduceerde koude, maar de aan de warme zijde door de condensor afgegeven warmte het belangrijkste is.

De nuttige warmte-afgifte van de warmtepomp is gelijk aan de som van de aan de warmtebron onttrokken warmte en de toegevoerde drijfenergie. De warmteproductie is dus steeds groter dan de toegevoerde drijfenergie. Het quotiënt van de nuttige warmte-afgifte en de drijfenergie is de specifieke warmte-opbrengst (ϵ) (figuur 1). De warmte wordt aan de buitenlucht onttrokken door verdamping van een in een gesloten circuit circulerend 'koudemiddel'. De damp wordt door een compressor uit de verdamper afgezogen en op een hogere druk en temperatuur gebracht.

Aan de warme zijde condenseert de damp in een condensor. Hierbij wordt de vrij-

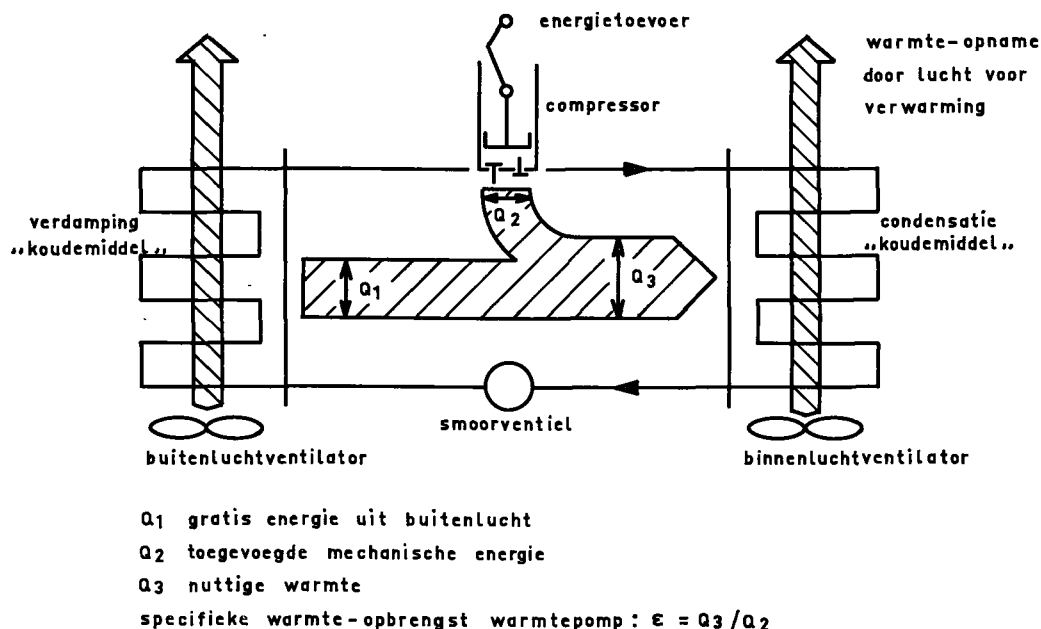


Fig. 1 Schema van de werking van de verwarmingsinstallatie met lucht/lucht-warmtepomp

komende warmte aan de lucht afgegeven. In een smoorventiel expandeert het 'koudemiddel' weer naar de lagere druk aan de verdamperzijde waarmee de kringloop gesloten is.

Om de warmteoverdracht te verbeteren wordt de lucht met ventilatoren langs de verdamper- en de condensoroppervlakken geblazen. De binnenventilator dient tevens om de verwarmde lucht via een kanalsysteem in de woning te distribueren.

Bij buitentemperaturen lager dan ca. 5°C treedt rijpvorming aan de verdamper op en moet deze periodiek worden ontdooid.

3. ONDERZOCHE SYSTEMEN EN VERWARMD OBJECT

De berekeningen zijn gebaseerd op door de importeurs verstrekte gegevens van in de U.S.A. gefabriceerde lucht/lucht-warmtepompen. De verwarmde lucht wordt via een kanalsysteem in de woning geblazen.

Het conventionele verwarmingssysteem

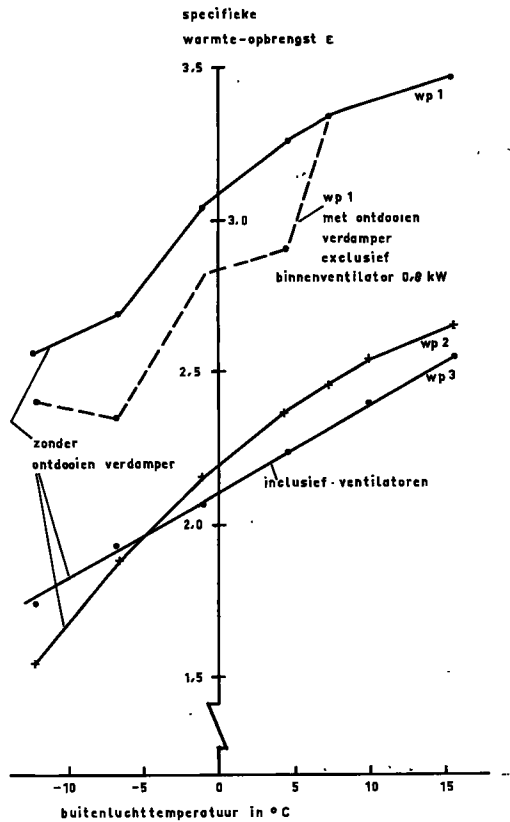
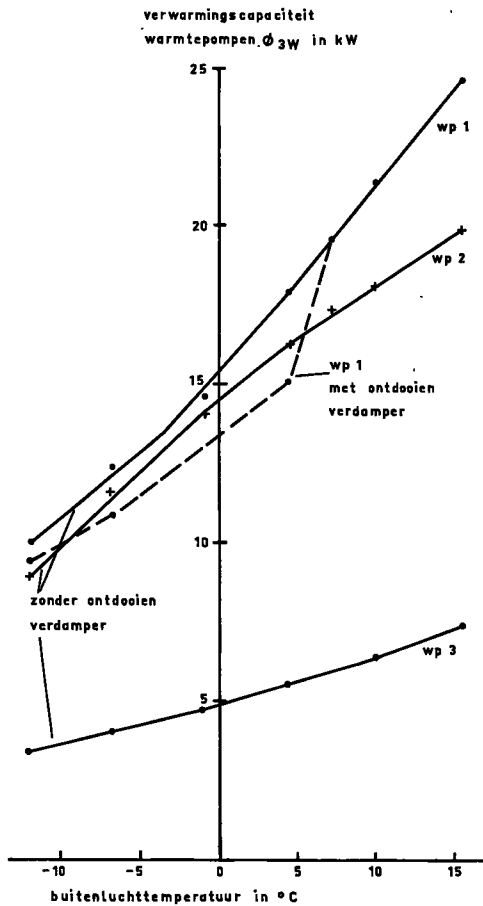
bestaat uit een centrale verwarming met warmwaterradiatoren en een met Gronings aardgas gestookte CV-ketel, met een capaciteit van 10,5 kW.

De karakteristieken van de beschouwde warmtepompen zijn vastgelegd in de grafieken 2 en 3.

Uit figuur 2 blijkt dat bij dit type warmtepompen de verwarmingscapaciteit bij dalende buitentemperaturen vermindert. Wanneer nu op de laagste buitentemperatuur wordt gedimensioneerd heeft dit verschijnsel uiteraard een ongunstige invloed op de investeringskosten, daarom worden warmtepompsystemen vaak uitgevoerd met een bijverwarming voor de lagere buitentemperaturen, zodat een kleinere warmtepomp kan worden geïnstalleerd. Dat is hier het geval met de verwarmingssystemen 3 en 4. Bij systeem 3 wordt met een elektrische en bij systeem 4 met een met aardgas gestookte luchtverhitter bijverwarmd.

Tabel 1 geeft een overzicht van de onderzochte verwarmingssystemen.

Voor het verwarmd object is gedacht aan een goed geïsoleerde tussenwoning. De



2 3

Fig. 2 en 3 Het verwarmingsvermogen, in kW, van de verschillende warmtepompen, afhankelijk van de buitenluchttemperatuur

Tabel 1 Overzicht verwarmingssystemen

verwarmingssysteem nr.	levering warmte door	bijverwarming	codering
1	warmtepomp 1	geen	W
2	warmtepomp 2	geen	W
3	warmtepomp 3	elektrisch	W + E
4	warmtepomp 3	aardgas	W + G
5	CV-ketel	geen	C

thermische gegevens hiervan zijn in bijlage 1 aangegeven.

Om deze woning gedurende het stookseizoen te kunnen verwarmen is het noodzakelijk om de warmteverliezen door transmissie en ventilatie aan te vullen. Het warmteverlies van de woning wordt niet alleen door de verwarmingsinstallatie

gedekt. Er zijn immers ook nog andere warmtebronnen werkzaam, zoals zoninstraling, elektrische apparatuur en verlichting en warmteafgifte van personen [1].

Onder *warmteverbruik* of ook *warmtevraag* wordt verstaan het deel van het warmteverlies van de woning dat door de

verwarmingsinstallatie moet worden geleverd.

Dit warmteverbruik is o.a. sterk afhankelijk van het gedrag van de bewoners. Verschillen in brandstofverbruik van 50 à 100% bij overigens identieke woningen zijn niet ongewoon.

De berekeningen van het energieverbruik voor verwarming zijn daarom uitgevoerd voor 2000 en 1330 bedrijfsuren van de centrale verwarmingsketel [2]. Bij een ketelcapaciteit van 10,5 kW correspondeert dit met een warmteverbruik van 21 000 resp. 14 000 kWh per jaar.

4. RELATIE WARMTEBEHOEFTE EN BUITENTEMPERATUUR

Uit figuur 3 blijkt dat bij lucht/lucht-warmtepompen de specifieke warmteopbrengst sterk daalt bij lagere buitentemperaturen. Voor de berekening van het elektriciteitsverbruik van een warmtepomp is het daarom noodzakelijk te weten hoe het jaarlijkse warmteverbruik voor ruimteverwarming over de verschillende buitentemperatuurniveaus is verdeeld.

Bij de berekening van deze verdeling is er van uitgegaan, dat het warmteverbruik

evenredig is met het verschil tussen de basistemperatuur (t_b) en de gemiddelde buitentemperatuur (t_u). De basistemperatuur is gesteld op 18°C [3]. De stookgrens waarboven niet meer wordt verwarmd is aangenomen op 15°C.

Het gemiddelde stookseizoen te De Bilt [4] is verdeeld in temperatuurklassen van 2°C waarbij elk interval is vervangen door zijn gemiddelde waarde. Het warmteverbruik per temperatuurklasse is dan evenredig met het aantal graaduren τ per jaar, d.w.z. evenredig met:

$$G = (18 - \bar{t}_u) \cdot \tau \quad (t_u < 15^\circ\text{C})$$

Hierin is τ het aantal uren per jaar met een gemiddelde buitentemperatuur $\bar{t}_u$ en G het bijbehorende aantal graaduren per jaar.

De berekening van het aantal graaduren en het procentuele warmteverbruik per temperatuurklasse is in tabel 2 weergegeven.

Uit deze tabel volgt dat in de periode september t/m mei 5900 stookuren (246 dagen) en 71626 graaduren (2984 graaddagen) voorkomen.

De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de stookuren bedraagt 5,86°C.

De cumulatieve percentages uit de laatste kolom van tabel 2 zijn in figuur 4 weergegeven. Uit deze figuur blijkt dat ca. 75%

Tabel 2 Graaduren en stookuren te De Bilt voor de periode september t/m mei

temp. °C	band °C	$\bar{t}_u$ temp. gem. °C	τ tijd per stookseizoen h	$G = (18 - \bar{t}_u) \cdot \tau$ graaduren per stookseizoen	100 · $G / \Sigma G$ % van de jaarl. warmtebehoefte %	cum. aandeel i.d. warmtebehoefte %
13	14,9	14,0	443	1772	2,47	2,47
11	12,9	12,0	581	3486	4,87	7,34
9	10,9	10,0	745	5960	8,32	15,66
7	8,9	8,0	867	8670	12,10	27,76
5	6,9	6,0	859	10308	14,39	42,15
3	4,9	4,0	746	10444	14,59	56,74
1	2,9	2,0	617	9872	13,79	70,53
- 1	0,9	0,0	476	8568	11,96	82,49
- 3	- 1,1	- 2,0	258	5160	7,20	89,69
- 5	- 3,1	- 4,0	141	3102	4,33	94,02
- 7	- 5,1	- 6,0	81	1944	2,71	96,73
- 9	- 7,1	- 8,0	47	1222	1,71	98,44
-11	- 9,1	-10,0	26	728	1,02	99,46
-13	-11,1	-12,0	13	390	0,54	100,00
Totaal			5900	71626	100	

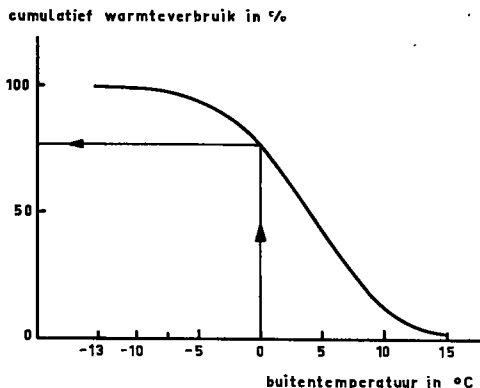


Fig. 4 Het cumulatieve warmteverbruik voor de verwarming, in afhankelijkheid van de buitenluchttemperatuur.

van het jaarlijkse warmteverbruik voor verwarming valt in de periode met buitentemperaturen boven 0°C.

Het grootste gedeelte van het jaarlijkse warmteverbruik treedt dus op bij de hogere buitentemperaturen.

5. BEREKENING ENERGIEVERBRUIK

5.1 Algemeen

Het energieverbruik is de hoeveelheid energie in de vorm van aardgas of elektriciteit, die door de verwarmingsinstallatie wordt opgenomen om in de warmtevraag van de woning (voor zover deze door de verwarmingsinstallatie wordt geleverd) te kunnen voorzien.

De methode van berekening van het energieverbruik van de verschillende verwarmingssystemen wordt in de volgende paragrafen behandeld. De resultaten van de berekeningen worden in 5.5 weergegeven.

5.2 Warmtepompinstallaties zonder bijverwarming

Tabel 3 geeft de berekening per temperatuurklasse voor warmtepomp 2. De eerste 3 kolommen zijn ontleend aan tabel 2. De getallen in kolom 4 zijn als volgt berekend:

Bij een jaarlijkse warmtevraag van 21000

Tabel 3 Berekening energieverbruik warmtepomp 2 Warmtevraag 21.000 kWh/jaar

temp. band °C à °C	t_u temp. gem. °C	τ tijd van 1 sep-31 mei h	φ_3 warmtebehoefte kW	$\tau \cdot \varphi_3$ warmtebehoefte kWh	φ_{3w} warmtelevering WP kW	$\tau_w = \frac{\tau \cdot \varphi_3}{\varphi_{3w}}$ bedr. tijd WP h	ε_{zo} spec. warmte- opr. WP	$\frac{\tau \cdot \varphi_3}{\varepsilon_{zo}}$ elekt. verbr. WP kWh
13 14,9	14	443	1,173	519,6	19,4	26,8	2,64	196,8
11 12,9	12	581	1,759	1022,0	18,7	54,7	2,59	394,6
9 10,9	10	745	2,346	1747,8	18,2	96,0	2,54	688,1
7 8,9	8	867	2,932	2542,0	17,4	146,0	2,49	1020,9
5 6,9	6	859	3,518	3022,0	16,8	179,9	2,43	1243,6
3 4,9	4	746	4,105	3062,3	16,2	189,0	2,36	1297,6
1 2,9	2	617	4,691	2894,3	15,4	187,9	2,28	1269,4
-1 0,9	0	476	5,277	2511,9	14,5	173,2	2,20	1141,8
-3 -1,1	-2	258	5,864	1512,9	13,6	111,2	2,12	713,6
-5 -3,1	-4	141	6,450	909,5	12,7	71,6	2,03	448,0
-7 -5,1	-6	81	7,037	570,0	11,8	48,3	1,93	295,3
-9 -7,1	-8	47	7,623	358,3	10,8	33,2	1,80	199,1
-11 -9,1	-10	26	8,209	213,4	10,0	21,3	1,66	128,6
-13 -11,1	-12	13	8,796	114,0	8,9	12,8	1,54	74,0
totaal		5900		21000		1352,1		9111,4

Energieverbruik warmtepomp zonder ontdooien van de verdampers: 9111,4 kWh

kWh bedraagt het warmteverbruik per graaduur $21000/71626 = 0,2932$ kWh/graaduur.

Voor een buitentemperatuur van bijv. 4°C is dan de warmtevraag $\varphi_3 = (18-4) \times 0,2932 = 4,105$ kW.

De verdere gang voor de berekening is in de kop van de tabel aangegeven. De waarden van φ_{3w} en ε_{zo} zijn ontleend aan de figuren 2 en 3.

Het elektriciteitsverbruik voor de warmtepomp zonder ontdooien van de verdamper bedraagt 9111,4 kWh per jaar.

De toename van het warmteverbruik t.g.v. het ontdooien van de verdamper is op basis van een vergelijking met warmtepomp 1 geschat op 8%.

Het werkelijke energieverbruik wordt dan 9800 kWh/j. De gemiddelde specifieke warmteopbrengst over het stookseizoen bedraagt hiermee:

$$\bar{\varepsilon}_{mo} = \frac{21000}{9800} = 2,14$$

De berekeningen voor warmtepomp 1 en voor een warmtevraag van 14000 kWh/j zijn op overeenkomstige wijze uitgevoerd. De resultaten zijn vermeld in de tabellen 5 en 6.

5.3 Warmtepompinstallatie met bijverwarming met warmtepomp 3

In figuur 5 is de warmtevraag van de woning vergeleken met de verwarmings-

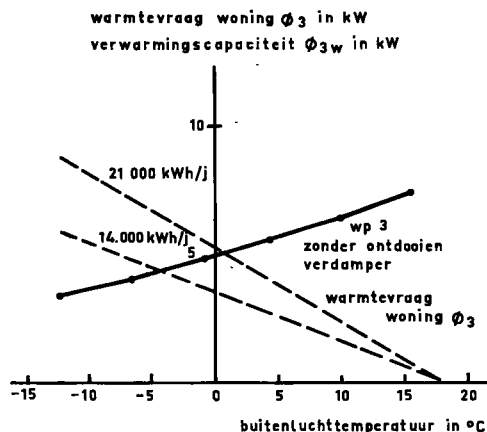


Fig. 5 Het verwarmingsvermogen van warmtepomp 3 en de warmtebehoefte van de woning, in afhankelijkheid van de buitenluchttemperatuur

Tabel 4 Berekening energieverbruik warmtepomp 3 en warmtelevering bijverwarming Warmtevraag 21000 kWh/j

temp. band °C	temp. gem. °C	t_u temp.	τ tijd per stookseiz.	φ_3 warmte- behoefte kW	$\tau \cdot \varphi_3$ warmte- behoefte kWh	φ_{3w} warmte- levering kW	$\tau_w = \frac{\tau \cdot \varphi_3}{\text{bedr. tijd WP}}$ h	ε_{zo} spec. warmte- opbr. WP	$\frac{\tau_w \cdot \varphi_{3w}}{\varepsilon_{zo}}$ elektro- verbr. WP kWh	$Q_{3b} = \tau \cdot (\varphi_3 - \varphi_{3w})$ warmtelevering bijverwarming kWh
13	14,9	14	443	1,173	519,6	7,1	73,2	2,50	207,8	0
11	12,9	12	581	1,759	1022,0	6,8	150,3	2,46	415,4	0
9	10,9	10	745	2,346	1747,8	6,5	268,9	2,38	734,4	0
7	8,9	8	867	2,932	2542,0	6,2	410,0	2,32	1095,7	0
5	6,9	6	859	3,518	3022,0	5,9	512,2	2,26	1337,2	0
3	4,9	4	746	4,105	3062,3	5,6	546,8	2,21	1385,7	0
1	2,9	2	617	4,691	2894,3	5,3	546,1	2,15	1346,2	0
-1	0,9	0	476	5,277	2511,9	4,9	476	2,09	1116,0	179,5
-3	-1,1	-2	258	5,864	1512,9	4,6	258	2,03	584,6	326,1
-5	-3,1	-4	141	6,450	909,5	4,4	141	1,98	313,3	289,1
-7	-5,1	-6	81	7,037	570,0	4,2	81	1,93	176,3	229,8
-9	-7,1	-8	47	7,623	358,3	3,9	47	1,86	98,5	175,0
-11	-9,1	-10	26	8,209	213,4	3,6	26	1,80	52,0	119,8
-13	-11,1	-12	13	8,796	114,0	3,4	13	1,75	25,3	70,1
totaal			5900		21000		3549,5		8888,4	1389,4

* voor $t_u < 2$ is $\tau_w = \tau$ ** voor $t_u > 0$ is $Q_{3b} = 0$

Tabel 5 Energieverbruik van de onderzochte systemen bij een warmtelevering van 21000 kWh/j

Systeem		1 W	2 W	3 W + E	4 W + G	5 C
warmtelevering door hoofdverw. kWh/j		21000	21000	19300	19300	21000
warmtelevering door bijverw. kWh/j		0	0	1700	1700	0
gemiddelde ξ resp. η hoofdverw. (incl. ontdooien verdampers)		2,59	2,14	2,04	2,04	0,70
energieverbruik hoofdverwarming	elektr. kWh/j	8100	9800	9450	9450	0
	gas m ³ /j	0	0	0	0	3070
energieverbruik bijverwarming	elektr. kWh/j	0	0	1700	0	0
	gas m ³ /j	0	0	0	250	0
totaal elektr. verbruik in kWh/j		8100	9800	11150	9450	350*
totaal gasverbruik in m ³ /j		0	0	0	250	3070

* verbruik circulatiepomp

Tabel 6 Energieverbruik van de onderzochte systemen bij een warmtelevering van 14000 kWh/j

Systeem		1 W	2 W	3 W + E	4 W + G	5 C
warmtelevering door hoofdverw. kWh/j		14000	14000	13780	13780	14000
warmtelevering door bijverw. kWh/j		0	0	220	220	0
gemiddelde ξ resp. η hoofdverwarming (incl. ontdooien verdampers)		2,59	2,14	2,03	2,03	0,675
energieverbruik hoofdverwarming	elektr. kWh/j	5400	6540	6790	6790	0
	gas m ³ /j	0	0	0	0	2120
energieverbruik bijverwarming	elektr. kWh/j	0	0	220	0	0
	gas m ³ /j	0	0	0	32	0
totaal elektr. verbruik in kWh/j		5400	6540	7010	6790	350*
totaal gasverbruik in m ³ /j		0	0	0	32	2120

* verbruik circulatiepomp

capaciteit van warmtepomp 3. Bij een totale warmtevraag van 21000 kWh/j moet worden bijverwarmd als de buiten-temperatuur lager is dan 1 °C.

Een rekenvoorbeeld is in tabel 4 opgenomen. De wijze van berekenen is weer in de kop van de tabel weergegeven. De waarden van φ_{3w} en ε_{zo} zijn ontleend aan de figuren 2 en 3.

Voor buitentemperaturen $> 0^\circ\text{C}$ is er geen warmtelevering van de bijverwarming, de bedrijfstijd van de warmtepomp is dan gelijk aan:

$$\tau_w = \frac{\tau \cdot \varphi_3}{\varphi_{3w}}$$

Bij temperaturen $\leq 0^\circ\text{C}$ loopt de warmtepomp continu d.w.z. $\tau_w = \tau$; de warmtelevering voor de bijverwarming volgt uit: $Q_{3b} = \tau \cdot (\varphi_3 - \varphi_{3w})$

De resultaten van de berekeningen kunnen als volgt worden samengevat:

Zonder ontgooien van de verdamper:

warmtevraag woning	21000 kWh
warmtelevering bijverw.	-1389,4 kWh
warmtelevering	
warmtepomp	19610,6 kWh
elektraverbruik warmte-	
pomp	8888,4 kWh
gemiddelde ε_{zo} :	$19610,6/8888,4 = 2,206$

Na correcties voor het periodiek ontgooien van de verdamper (zie de opmerking onder 5.2) ontstaat het volgende beeld:

warmtevraag woning	21000 kWh
warmtelevering bijver-	
warming	1700 kWh
warmtelevering warmte-	
pomp	19300 kWh
schatting ε_{mo} :	$\frac{2,206}{1,08} = 2,04$
elektraverbruik warmtepomp	
19300	
$\frac{19300}{2,04} =$	9450 kWh

De berekening voor een warmtevraag van 14000 kWh/j is op overeenkomstige wijze uitgevoerd. De resultaten zijn samengevat in de tabellen 5 en 6.

5.4 Gasgestookte CV-ketel met warmwaterradiatoren

a. Warmteverbruik 21000 kWh/jaar. Hierbij maakt de CV-ketel van 10,5 kW 2000 bedrijfsuren per jaar. De benuttingsgraad is dan $2000/5900 = 34\%$. Volgens [5] bedraagt bij een ketel met een vollast-rendement van 75% het gebruiksrendement op calorische bovenwaarde dan 70%.

Voor het gasverbruik wordt hiermede gevonden:

$$B = \frac{21000 \times 3,6 \cdot 10^6}{35,2 \cdot 10^6 \times 0,70} = 3070 \text{ m}^3/\text{j.}$$

b. Warmteverbruik 14000 kWh/jaar. Het aantal bedrijfsuren hierbij is 1330 h/j. De benuttingsgraad is dan $1330/5900 = 22,6\%$. Het gebruiksrendement op calorische bovenwaarde is dan 67,5%. Voor het gasverbruik wordt hiermede gevonden:

$$B = \frac{14000 \times 3,6 \cdot 10^6}{35,2 \cdot 10^6 \times 0,675} = 2120 \text{ m}^3/\text{j.}$$

Het elektriciteitsverbruik van de circulatiepomp is geschat op 350 kWh.

5.5 Overzicht energieverbruik van de verschillende verwarmingssystemen

De tabellen 5 en 6 geven hiervan een overzicht. Bij de verwarmingssystemen 3 en 4 moet beneden een zekere buitenluchttemperatuur worden bijverwarmd. Bij systeem 3 geschiedt dit met een elektrische luchtverhitter met een rendement van 100% en bij systeem 4 met een gasgestookte luchtverhitter met een rendement van 70% op calorische bovenwaarde.

6. BEREKENING VERWARMINGSKOSTEN

6.1 Energieprijzen

De berekening van de verwarmingskosten is gebaseerd op de in 1976 verwachte energieprijzen.

De aardgasprijzen voor centrales volgen met een vertraging van 2 jaar de prijzen

van zware stookolie. Voor 1976 kan gerekend worden op een brandstofprijs van 0,14 gld/kg. Deze prijs is betrokken op een stookwaarde van 7500 kcal/kg. De brandstoftoeslag zal daardoor stijgen tot:

$$\frac{140-47,5}{2,5} \times 0,1 = 3,7 \text{ ct/kWh}$$

(zie bijlage 3, tarievenblad PGEM). Op grond van bovengenoemde aannamen kan dan gerekend worden met de volgende tarieven:

Elektriciteit, inclusief 16% BTW en 3% Kalkarheffing

verhoging vast recht door zwaardere zekeringen van 35A 175 gld/jaar
 hoog tarief 14,7 ct/kWh
 nacht tarief 9,8 ct/kWh
 gemiddeld tarief
 (67% hoog, 33% nacht) 13,1 ct/kWh

In het kader van het energiebeleid van de regering zal de prijs van het Gronings aardgas voor klein-verbruikers op den duur verhoogd worden tot het calorisch

equivalent van de lichte huisbrandolie (H.BO-1). Voor de aardgasprijzen van 1976 is daarom de volgende schatting gemaakt.

Gronings aardgas, inclusief 4% BTW

verbruik 601–30000 m³/jaar
 vast recht 100 gld/jaar
 verbruik 23,0 ct/m³
 verbruik 300–600 m³/jaar
 vast recht niet toegerekend
 verbruik 33 ct/m³

6.2 Investerings

Tabel 7 geeft een overzicht van de investeringen. De prijzen van warmtepompen en de elektrische bijverwarming zijn ontleend aan de documentatie van fabrikanten. De post luchtkanalen + montage is gebaseerd op een vergelijking met uitgevoerde luchtverwarmingssystemen. De investering voor systeem 5 (CV-installatie met w.w.-radiatoren) is mede gebaseerd op in [6] verstrekte informatie.

6.3 Kostenvergelijking

Deze is weergegeven in tabel 8. De le-

Tabel 7 Investerings in gld inclusief BTW

Systeem	1 W	2 W	3 W + E	4 W + G	5 C
warmtepomp	12800	7900	3450	3450	0
bijverwarming	0	0	250	1550	0
luchtkanalen + montage	2900	2900	2900	2900	0
CV-ketel met verw. radiatoren	0	0	0	0	4200
totaal I	15700	10800	6600	7900	4200

Tabel 8 Verwarmingskosten in gld/jaar

Systeem	1 W	2 W	3 W + E	4 W + G	5 C
kapitaallasten 0,124 * I	1950	1350	820	980	520
vast recht	175	175	175	175	100
service en reparatiekosten	275	275	275	325	50
I = totaal vaste kosten	2400	1800	1270	1480	670
variabele energiekosten:					
II verbruik 21000 kWh/j	1060	1280	1460	1320	750
III verbruik 14000 kWh/j	700	860	920	900	490 + 40
verwarmingskosten totaal:					
21000 kWh/j = I + II	3460	3080	2730	2800	1420
14000 kWh/j = I + III	3100	2660	2190	2380	1160

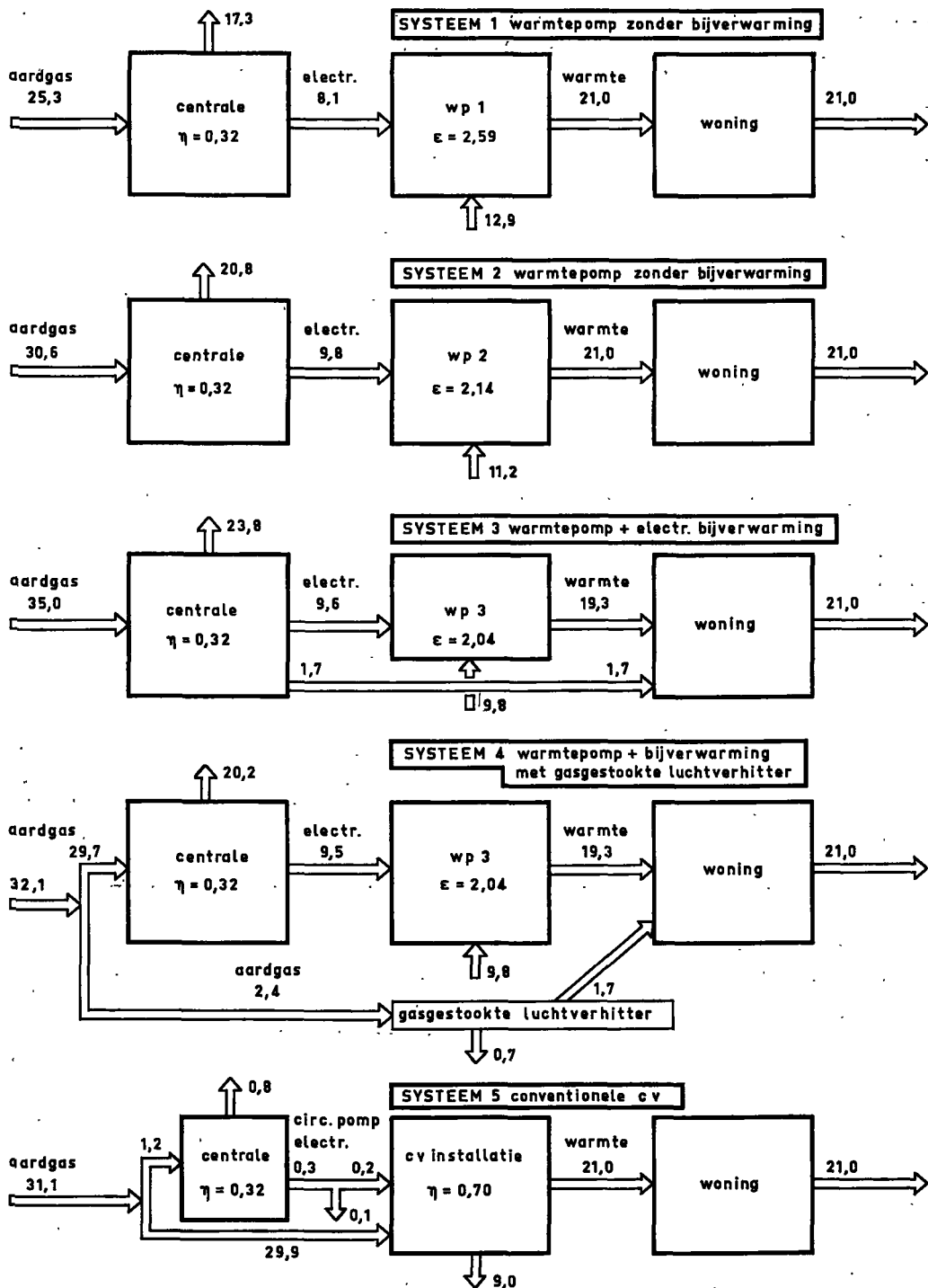


Fig. 6 De warmtebalansen voor de vijf onderzochte verwarmingssystemen, inclusief de bijbehorende energietransformaties. De energiestromen zijn uitgedrukt in 10^3 kWh/jaar

vensduur van de installatie is gesteld op 15 jaar. Bij een rentevoet van 9% geeft dit een annuïteit van 12,4% per jaar. De posten voor service en reparatie van warmtepompen zijn mede gebaseerd op informatie in [7].

7. VERBRUIK AAN PRIMAIRE ENERGIE VAN DE ONDERZOCHE VERWARMINGSSYSTEMEN

De warmtebalansen voor een warmtelevering van 21000 kWh/j van de verschillende onderzochte systemen zijn weergegeven in figuur 6. Hieraan is tevens de omzetting van primaire energie (aardgas) naar elektriciteit in de centrale toegevoegd. Het rendement van de elektrische centrales inclusief 6% distributieverliezen bedraagt 32% op calorische bovenwaarde [8].

De grootste besparing aan fossiele energie wordt met systeem 1 bereikt. Hiermede is het gebruik van fossiele brandstoffen 20% lager dan bij toepassing van conventionele gasverwarming. Systeem 2 levert vrijwel geen besparing op (1,6%), terwijl de systemen 3 en 4 meer fossiele energie verbruiken dan het conventionele verwarmingssysteem 5.

Uit de warmtebalans van systeem 5 is berekend bij welke waarden van ε de warmtepompsystemen energiewinst op gaan leveren. De resultaten zijn als volgt:

systemen zonder bijverwarming (1 en 2)	$\varepsilon > 2,10$
systeem met elektrische bijverwarming (3)	$\varepsilon > 2,34$
systeem met gasgestookte luchtverhitter als bijverwarming (4)	$\varepsilon > 2,10$

8. CONCURRERENDE WARMTEPOMPSYSTEMEN

8.1 Probleemstelling

Uit het voorafgaande is gebleken dat de onderzochte lucht/lucht-warmtepomp-

systemen thans niet kunnen concurreren met een conventioneel verwarmingssysteem. Daarom zal worden onderzocht onder welke voorwaarden dit wel zo is. De belangrijkste variabelen die de verwarmingskosten bepalen zijn:

gas- en elektriciteitsstarieven
investeringskosten
specifieke warmteopbrengst.

Berekend is bij welke waarden van deze variabelen de verwarmingskosten van de warmtepompsystemen gelijk zijn aan die van het conventionele verwarmingssysteem.

De resultaten van deze berekeningen hebben niet de pretentie een exacte voorspelling te zijn. Zij geven echter wel een globaal inzicht met betrekking tot de invloed van de bovengenoemde variabelen op de concurrentiepositie van de warmtepompsystemen.

8.2 Elektriciteitsstarief en gasprijs

De brandstofkosten van de centrales maken slechts een deel van het elektriciteitsstarief uit. Bij stijgende brandstofprijzen kan daarom een relatief minder sterke stijging van de tarieven voor elektra worden verwacht. Het is duidelijk dat deze ontwikkeling in het voordeel van de warmtepomp werkt. Om de invloed van stijgende brandstofprijzen te kunnen beoordelen zal een schatting worden gemaakt van de relatie tussen de gasprijzen voor de kleinverbruikers ($< 30\,000\text{ m}^3/\text{j}$) en de elektriciteitsstarieven.

Door de PGEM wordt per kWh 0,4 kg brandstof met een stookwaarde van 7500 kcal/kg berekend; inclusief 16% BTW en 3% Kalkarheffing geeft dit voor de verandering van elektriciteitsprijs:

$$dP_e = 0,40 \times 1,16 \times 1,03 dP_g \text{ gld/kWh}$$

Hierin is P_e de elektriciteitsprijs in gulden/kWh en P_g de brandstofprijs voor de centrales in gulden/kg.

Bij de berekeningen in 6.1, was de brandstofprijs voor de centrales 61% van die voor de kleinverbruikers van aardgas (de stookwaarde van 1 m^3 aardgas is ongeveer gelijk aan 7500 kcal/kg). Wanneer

ervan wordt uitgegaan dat deze verhouding in de toekomst gehandhaafd blijft, dan geldt:

$$dP_g = 0,40 \times 1,16 \times 1,03 \times 0,61 \times dP_g$$

$$dP_g = 0,292 dP_g$$

Hierin is P_g de gasprijs in gld/m³ voor verbruik tussen 601 en 30 000 m³/j.

Bij de in 6.1 gehanteerde elektriciteits- en brandstofprijzen was de gasprijs 0,23 gld/m³ en het gemiddelde elektriciteits-tarief voor 33% nacht- en 67% daguren 0,131 gld/kWh.

Hieruit volgt de relatie:

$$P_g = 0,0638 + 0,292 P_g \text{ gld/kWh}$$

8.3 Gasprijs, specifieke warmte-opbrengst en investeringen bij concurrerende warmtepomp-systemen

De vergelijkingen voor gelijke verwarmingskosten zijn bepaald door de verwarmingskosten voor de warmtepomp-systemen gelijk te stellen aan die van het conventionele verwarmingssysteem 5. De gegevens voor deze berekeningen zijn samengevat in tabel 9.

De in 8.2 afgeleide relatie elektriciteits-prijs – gasprijs luidt:

$$P_g = 0,0638 + 0,292 P_g \quad (1)$$

Het gas voor bijverwarming kost 33/23 $\times P_g$. De vergelijking voor gelijke

verwarmingskosten luidt bijvoorbeeld voor systeem 3 (zie ook tabel 9) als volgt:
 $0,124 I_{w3} + \{(19300/\bar{\epsilon}) + 1700\}P_g + 450 = 0,124 I_c + 3070 P_g + 350 P_g + 150$ (2)

Door combinatie van (1) en (2) wordt gevonden:

$$\bar{\epsilon} = \frac{5636 P_g + 1231}{2676 P_g - 0,124 (I_w - I_c) - 386} \quad (3)$$

Overeenkomstige relaties zijn afgeleid door vergelijking van de systemen (1 en 2) en 4 met systeem 5. Deze relaties kunnen alle geschreven worden in de vorm:

$$\bar{\epsilon} = \frac{A P_g + B}{C P_g - 0,124 (I_w - I_c) + D} \quad (4)$$

De waarden van coëfficiënten A t/m D zijn vermeld in tabel 10.

De coëfficiënten uit tabel 10 zijn van toepassing op alle warmtepomp-systemen die werken bij de in tabel 9 gegeven kosten en energieverbruiken.

Voor de huidige kostprijzen van de warmtepomp-systemen is met bovenstaande relatie (4) het verband berekend tussen de gasprijs en $\bar{\epsilon}$, waarbij de exploitatiekosten van de warmtepomp-systemen juist even hoog zijn als die van het conventionele verwarmingssysteem. De gevonden curven zijn in figuur 7 weergegeven.

Tabel 9 Kosten en energieverbruiken

systeem	warmtelevering in kWh/j		elektriciteits- verbruik in kWh/j	gasverbruik in m ³ /j	kapitaal lasten gld/j	overige vaste lasten gld/j
	hoofdv.	bijverw.				
1 + 2 (W)	21000	0	21000/ $\bar{\epsilon}$	0	0,124 I_{w1}	450
3 (W + E)	19300	1700	19300/ $\bar{\epsilon}$ + 1700	0	0,124 I_{w3}	450
4 (W + G)	19300	1700	19300/ $\bar{\epsilon}$	250	0,124 I_{w4}	500
5 (C)	21000	0	350	3070	0,124 I_c	150

Tabel 10 Coëfficiënten van vergelijking (4)

vergeleken systemen						
WP-systeem						
no.	bijverwarming	CV-systeem	A	B	C	D
1 + 2	geen	5	6132	1340	3172	-278
3	elektrisch	5	5636	1231	2676	-386
4	met gas	5	5636	1231	2814	-328

gemiddelde, specifieke
warmte-opbrengst $\bar{E}$

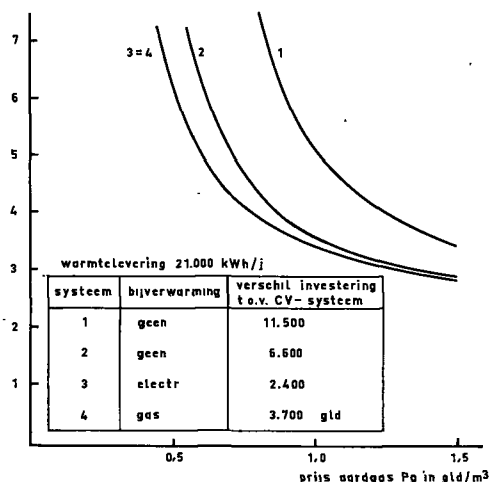


Fig. 7 De relatie tussen de gasprijs en de specifieke warmte-opbrengst van de verschillende warmtepompen, waarbij de systemen 1 t/m 4 juist dezelfde exploitatiekosten hebben als een conventioneel verwarmingssysteem

Uit deze figuur blijkt dat de specifieke warmteopbrengst zeer aanzienlijk zou moeten worden verbeterd om de lucht/luchtwarmtepompen in een concurrerende positie te kunnen brengen.

De systemen met bijverwarming 3 en 4 zijn bij gelijke gasprijs en specifieke warmteopbrengst steeds het eerst concurrerend met het conventionele verwarmingssysteem. De curven voor de systemen 3 en 4 zijn overigens vrijwel identiek.

Voor het warmtepompsysteem 4 zijn ook de curven voor $I_w - I_c = 1800$ en $I_w - I_c = 0$ berekend. Figuur 8 laat zien welke invloed de investeringskosten hebben op de curven van gelijke verwarmingskosten. Bij de berekening van de figuren 7 en 8 is aangenomen dat de specifieke warmteopbrengst en de investeringskosten onafhankelijk van elkaar variëren. In werkelijkheid bestaat er echter meestal een positieve correlatie tussen deze beide grootheden. Dit blijkt bijvoorbeeld ook uit een vergelijking van de prijzen en specifieke warmteopbrengsten van de warmtepompen 1 en 2.

8.4 Fiscale aspecten

Als energiebron is elektriciteit fiscaal veel zwaarder belast dan aardgas, namelijk met 19,48% t.o.v. 4% voor aardgas. Dit heeft een ongunstige invloed op de verwarmingskosten en de concurrentiepositie van warmtepompsystemen.

Bij toepassing van alleen het 4% BTW-tarief op elektriciteit wordt de relatie tussen gasprijs en elektriciteitstarief:

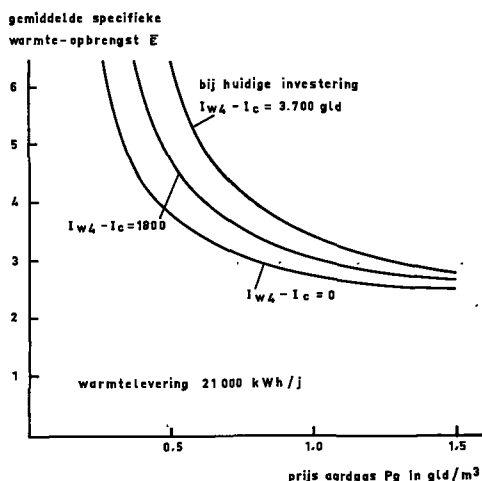
$$P_e = 0,0556 + 0,254 P_g \quad (5)$$

Bij verwarmingssysteem 4 wordt hiermede voor gelijke verwarmingskosten t.o.v. het conventionele systeem gevonden:

$$\bar{E} = \frac{4902 P_g + 1073}{2800 P_g - 0,124 (I_{w4} - I_c) - 331} \quad (6)$$

Met deze relatie zijn de gestippelde curven van figuur 9 berekend. Deze zijn duidelijk gunstiger dan de getrokken curven die gelden voor de huidige fiscale tarieven.

Fig. 8 De relatie tussen de aardgasprijs P_g , de voor het stookseizoen gemiddelde warmte-opbrengst $\bar{E}$ van de warmtepomp, en het verschil in investering, $I_w - I_c$, voor het warmtepompsysteem en een conventioneel gasverwarmingssysteem, waarbij systeem W4 (met gasgestookte bijverwarming) juist dezelfde exploitatiekosten heeft als een conventioneel gasverwarmingssysteem



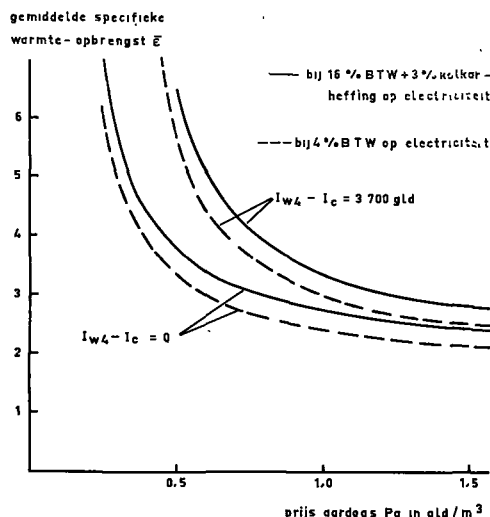


Fig. 9 De invloed van de BTW en de Kalkar-heffing op de relatie zoals bedoeld in figuur 8

9. SAMENVATTING

De verwarmingskosten en het verbruik van fossiele energie van een viertal verwarmingssystemen met drie verschillende, in de U.S.A. gefabriceerde, lucht/lucht-warmtepompen zijn berekend en vergeleken met de overeenkomstige waarden bij een met aardgas gestookte CV-ketel met warmwaterradiatoren.

Bij de warmtepompen dient de buitenlucht als warmtebron; alle warmtepompen worden elektrisch aangedreven. Voor een overzicht van de onderzochte verwarmingssystemen zie tabel 1 op pag. 9. Bij warmtepomp 3 moet, bij de onderzochte toepassing, bij lagere buitentemperaturen worden bijverwarmd, bij systeem 3 met een elektrische en bij systeem

4 met een met aardgas gestookte lucht-verhitter.

Het verwarmde object is een goed geïsoleerde tussenwoning. De verwarmingskosten zijn berekend voor warmteverbruiken van 21000 en 14000 kWh/jaar, het aardgasverbruik van het conventionele verwarmingssysteem is dan 3070 resp. 2120 m³/jaar.

Onderstaande tabel geeft in afgeronde cijfers een overzicht van de verwarmingskosten (inclusief kapitaallasten) en het verbruik van fossiele energie (in de elektriciteitscentrale resp. verwarmingsketel) van de verschillende verwarmingssystemen bij een warmteverbruik van 21000 kWh/jaar. De kostenvergelijking is gebaseerd op in 1976 verwachte energieprijzen.

Bij een warmtelevering van 14000 kWh/j. zijn de verwarmingskosten van het conventionele systeem f 250,— lager en van de warmtepompsystemen f 400,— à f 500,— lager.

Door de hoge verwarmingskosten zoals die in bovenstaande tabel naar voren komen is de huidige generatie lucht/lucht-warmtepompen onaantrekkelijk voor verwarmingstoepassingen in Nederland.

Daarbij komt nog, dat er bij de verwarmingssystemen 2 t/m 4 ook geen sprake is van besparing aan fossiele brandstof. Daarom zal moeten worden onderzocht of andere uitvoeringen of systemen meer kans van slagen bieden.

Verder is nagegaan bij welke combinaties van gasprijs, specifieke warmteopbrengst en investeringskosten de exploitatiekosten van de warmtepompsystemen juist even hoog zijn als die van het conventionele verwarmingssysteem.

verwarmingssysteem	warmtepompsystemen				conventioneel
kosten en energieverbruik	1 W	2 W	3 W + E	4 W + G	5 C
verwarmingskosten gld/jaar	3500	3100	2700	2800	1400
verbruik fossiele energie: kWh/jaar	25300	30600	35000	32100	31100
verbruik fossiele energie in %	81	98	113	103	100

10. CONCLUSIES

De totale verwarmingskosten gebaseerd op in 1976 verwachte energieprijzen liggen bij de onderzochte warmtepomp-systemen 90 tot 170% hoger dan van conventionele verwarmingen.

Door de hoge verwarmingskosten is de huidige generatie lucht/lucht-warmtepompen onaantrekkelijk voor verwarmingstoepassingen in Nederland. Er is ook geen vooruitzicht dat dit in de naaste toekomst wel het geval zal zijn.

Daarom zal moeten worden onderzocht of andere uitvoeringen of systemen meer kans van slagen bieden. Hierbij kan worden gedacht aan verhoging van de efficiency en/of verlaging van de investeringen.

Nagegaan is bij welke combinaties van gasprijs, specifieke warmteopbrengst en investeringskosten de onderzochte warmtepompsystemen gelijke exploitatiekosten hebben als het conventionele verwarmingssysteem. Daarbij is gebleken :

- de specifieke warmteopbrengst van de lucht/lucht-warmtepompen zou aanzienlijk moeten worden verbeterd
- de systemen met bijverwarming zijn bij gelijke gasprijs en specifieke warmteopbrengst steeds het eerst concurrerend
- de hoge fiscale lasten op elektriciteit hebben een ongunstige invloed op de toepassingsmogelijkheden van elektrisch aangedreven warmtepompen.

Uit de warmtebalansen in figuur 6 blijkt dat bij het warmtepompsysteem 1 een besparing van fossiele energie wordt bereikt van ca. 20%. Bij de warmtepompsystemen 2 t/m 4 is er geen besparing aan fossiele energie.

Berekend is bij welke waarden van de gemiddelde specifieke warmteopbrengst de warmtepompsystemen energiewinst gaan opleveren. De resultaten van deze berekeningen zijn als volgt:

systemen zonder bijverwarming (1 en 2)	$\bar{\epsilon} > 2,10$
systeem met elektrische bijverwarming (3)	$\bar{\epsilon} > 2,34$
systeem met gasgestookte luchtverhitter als bijverwarming (4)	$\bar{\epsilon} > 2,10$

11. LITERATUUR

- [1] Binnenklimaat en Energieverbruik – Rapport van de Werkgroep Binnenklimaat en Energieverbruik. Groningen, N.V. Nederlandse Gasunie, 1974.
- [2] Recknagel-Sprenger – Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. München, Oldenbourg, 1974.
- [3] Buuren, D. H. van, en E. van Gunst – Klimaat en Brandstofverbruik II. Verwarming en Ventilatie 1958, p. 173–180.
- [4] Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut – Klimatologische Gegevens van Nederlandse stations, No. 3. Frekwentietabellen naar metingen te De Bilt in het tijdvak 1931–1960, De Bilt, K.N.M.I., 1970.
- [5] Heeden, D. J. van der – Toestelgedrag en gebruiksrendement. Verwarming en Ventilatie **32** (1975) 1 p. 41–49.
- [6] Adam, W. – Informatie betreffende Conventionele Verwarming, Intern Verslag 02-5-20030, ref. no. 74-03398, Apeldoorn, CTI-TNO, 10 sept. 1974.
- [7] Use of R 502 offers new life for packaged heat pumps. Airconditioning and Refrigeration Business, March 1972.
- [8] N.V. Provinciale Gelderse Elektriciteits Maatschappij – Jaarverslag 1974.
- [9] Ree, H. van der – De Warmtepomp, Grondslagen en geschiedenis. Verwarming en Ventilatie **30** (1973) 7 p. 405–427.

TRANSMISSIEBEREKENING VERWARMD OBJECT

BIJLAGE 1

Oppervlak grondvlak	8 × 6,5 m ²
Vloeroppervlak	150 m ²
Inhoud woning	330 m ³
Temperatuur huiskamer	20 °C
Temperatuur overige ruimten	18 °C
Buitentemperatuur	-12 °C
Temperatuur onder vloer	10 °C

Transmissieberekening (zonder toeslagen)

constructie	Opp. F m ²	temp. versch. $t_i - t_u$ K	k-waarde k W/m ² K	warmteverlies $F \cdot (t_i - t_u) \cdot k$ W
spouwmuren huiskamer	12	32	0,85	330
ramen huiskamer	10	32	3,20	1020
spouwmuren ov. ruimten	40	30	0,85	1020
ramen ov. ruimten	20	30	3,20	1920
dak	65	30	0,65	1270
beg. gr. vloer huiskamer	32	10	0,80	260
beg. gr. vloer ov. ruimten	20	8	0,80	130
Subtotaal transmissie				5950
Ventilatie geschat op 80 · 10 ⁻³ m ³ /s (290 m ³ /h)				2800
Totaal transmissie + ventilatie				8750 W

Indien bij de berekening van de CV-installatie een toeslag van 20% wordt aangehouden resulteert dit in een ketel met een capaciteit van 10,5 kW.

SYMBOLEN

BIJLAGE 2

A t/m D	grootheden gedefinieerd door vergelijking (4)	
B	gasverbruik	m ³ /j
F	oppervlak	m ²
G	graaduren	h · K
I_{w1}, I_{w2}	investering voor warmtepompsysteem 1, 2 enz.	gld
I_c	investering voor conventioneel verwarmingssysteem	gld
P_e	elektriciteitsprijs	gld/kWh
P_g	gasprijs	gld/m ³
Q_1	energie uit warmtebron	kWh/j
Q_2	energieverbruik warmtepomp	kWh/j
Q_3	warmtebehoefte woning	kWh/j
Q_{3b}	warmtelevering bijverwarming	kWh/j
k	warmtetransmissiecoëfficiënt	W/m ² · K
t_b	basistemperatuur	°C
t_u	buitentemperatuur	°C
φ_3	warmtebehoefte woning	W
φ_{3w}	verwarmingscapaciteit warmtepomp	W
ε	specifieke warmteopbrengst	—
$\bar{\varepsilon}$	gemiddelde van ε voor het stookseizoen	—
τ	aantal uren met een temperatuur $\bar{t}_u$	h
τ_w	bedrijfstijd warmtepomp	h

INDICES

mo	met ontdooien van de verdamper
zo	zonder ontdooien van de verdamper

OMREKENINGSFACTOREN

1 kWh = 3,6 · 10 ⁶ J
1 kWh = 860 kcal
1 kW = 860 kcal/h

tarievenblad



nv Provinciale
Gelderse
Elektriciteits-
Maatschappij

PGEM

Tarieven voor elektriciteitslevering aan kleinverbruikers, ingaande augustus 1975. Deze tarieven gelden voor alle aansluitingen op het laagspanningsnet van de nv PGEM met een hoofdbeveiliging van ten hoogste 3 x 80 ampère.

Standaardtarief

De prijs per kilowattuur (kWh) wordt aan het einde van de verbruiksperiode vastgesteld en is gekoppeld aan de gemiddelde prijs van de brandstoffen aangevoerd voor de elektriciteitsproductie. Bij een brandstofprijs van f 116,- per ton - ongeveer het huidige prijspeil - bedraagt de prijs 11,2 cent per kWh. Daarnaast is als vastrecht een bedrag verschuldigd berekend naar de waarde van de hoofdbeveiliging in de aansluitkast.

waarde van de hoofdbeveiliging

t/m 3 x 25 of 1 x 63 ampère
t/m 3 x 35 ampère
t/m 3 x 50 ampère
t/m 3 x 63 ampère
t/m 3 x 80 ampère

vastrecht per jaar

f 40,30
f 174,50
f 442,80
f 711,20
f 979,60

Nachttarief

Het elektriciteitsverbruik in een door de directie van de vennootschap te bepalen ononderbroken periode van 8 uur, liggende tussen 22.30 en 7.30 uur, kan op verzoek van de verbruiker worden afgeremd tegen de kWh-prijs van het nachttarief. Deze prijs wordt aan het einde van de verbruiksperiode vastgesteld en is eveneens gekoppeld aan de gemiddelde prijs van de brandstoffen aangevoerd voor de elektriciteitsproductie. Bij een brandstofprijs van f 116,- per ton bedraagt de prijs 7,1 cent per kWh. Bovendien is een vaste vergoeding van f 13,36 per jaar verschuldigd.

Abonnementstarieven

Voor aansluitingen ten behoeve van centrale antennesystemen en dergelijke, waarbij in bepaalde gevallen geen kWh-meter wordt geplaatst, gelden bij een brandstofprijs van f 116,- per ton de hierna genoemde abonnementsbedragen per jaar.

aansluitwaarde

t/m 50 watt
51 - 100 watt
101 - 150 watt
151 - 200 watt
201 - 300 watt
301 - 400 watt

bedrag per jaar

f 73,-
f 112,50
f 151,50
f 191,10
f 276,60
f 368,90

Voor de aansluiting van een schrikdraadinstallatie waarbij geen kWh-meting plaatsvindt, wordt een bedrag van f 40,30 per jaar in rekening gebracht.

De abonnementsbedragen zijn - met uitzondering van die voor schrikdraadinstallaties - ook gekoppeld aan de gemiddelde prijs van de brandstoffen aangevoerd voor de elektriciteitsproductie.

Brandstofclausule

De kWh-prijs wordt verhoogd, resp. verlaagd met 0,1 cent voor elke volle f 2,50, dat de brandstofprijs, omgerekend op 31,4 G Joules (7500 Mcal) stookwaarde van de aangevoerde brandstoffen hoger, resp. lager is dan f 47,50.

Onder brandstofprijs wordt verstaan de aan de nv PGEM in rekening gebrachte gewogen gemiddelde prijs van de brandstoffen welke zijn aangevoerd bij het elektriciteitsbedrijf gedurende de periode van twaalf kalendermaanden voorafgaande aan de maand waarin de afrekening plaats heeft. De prijs van de vaste brandstoffen wordt hierbij berekend „franco voor de wal” en „franco in de wagon” op het terrein van de centrales, die van de vloeibare brandstoffen „franco gepompt in kopers opslagtank” en die van mogelijke andere brandstoffen op hiermede zo goed mogelijk overeenkomende wijze.

De directie is bevoegd, voorzover dit haar door de desbetreffende overheidsinstantie wordt toegestaan, af te wijken van de hierboven omschreven brandstofclausule indien - door welke oorzaak dan ook - zich een belangrijke wijziging in het prijsniveau van de aan te voeren brandstoffen voordoet.

Voor de afrekeningen volgens het systeem van de jaarlijkse meteraflezings vanaf begin 1975, zal als brandstofprijs gelden de gewogen gemiddelde brandstofprijs in de kalendermaanden van 1975 welke vooraf gaan aan de maand van afrekening.

Overige bepalingen

1. Onder verbruiksperiode wordt verstaan het tijdvak tussen twee meteraflezingen.
2. Bij tijdelijke levering is het vastrecht over een periode van tenminste één maand verschuldigd.
3. Indien een zodanig groter vermogen benodigd is dat de hoofdbeveiliging dient te worden aangepast, is de verbruiker verplicht hiertoe een schriftelijk verzoek te richten aan de directie.
4. Alle in dit tarievenblad vermelde prijzen worden verhoogd met heffingen en/of belastingen die de vennootschap ingevolge een besluit van de overheid verplicht of bevoegd is aan de verbruiker in rekening te brengen.

Algemene voorwaarden

Voor alle verbruikers gelden de 'Algemene voorwaarden voor de levering van elektriciteit door de nv Provinciale Gelderse Elektriciteits-Maatschappij'.