

TNO-rapport
94-BBI-R1766

DEFINITIES EN REFERENTIES TEN BEHOEVE VAN ZONNEVERWARMINGSINSTALLATIES

TNO Bouw

Datum 21 december 1995

Auteur(s) ing. G.A.H. van Amerongen

Lange Kleiweg 5, Rijswijk
Postbus 49
2600 AA Delft

Telefoon 015 284 20 00
Fax 015 284 39 90

Opdrachtgever : NOVEM B.V.
Utrecht

Novem contract : 143.200-305.1

Projectnummer : 326.6.3036

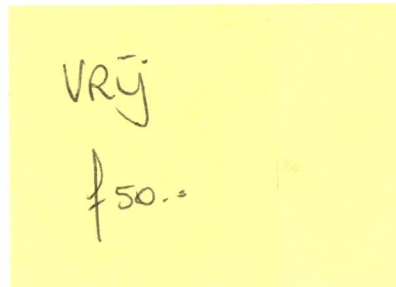
M.m.v. : ing. S. Bijma
ing. H.J.M. Cornelissen

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook, zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoeksoopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

Aantal pagina's : 32
Aantal bijlagen : 1

© TNO



SAMENVATTING

In het verlengde van de ontwikkeling van de zonneboiler worden voor zonneverwarmingsinstallaties ook meer formele kwaliteitseisen gesteld. In dit rapport wordt een onderdeel van deze kwaliteitseisen behandeld: de eenduidige definitie van de energiebesparing.

Eenduidigheid in de definitie van de energiebesparing is van belang om de prestatie van verschillende (uitvoeringen van) zonneverwarmingsinstallaties van een zonneverwarmingsinstallatie te vergelijken. Als zodanig is dit rapport bedoeld ter ondersteuning van rekenstudies, laboratoriumexperimenten en praktijkexperimenten op het gebied van zonneverwarmingsinstallaties.

In dit rapport wordt de grootheid *Energiebesparing* eenduidig omschreven door:

- ▷ de omschrijving (definitie) van de term;
- ▷ de vaststelling van de woning waarin de zonneverwarmingsinstallatie wordt gebruikt;
- ▷ de vaststelling van de gebruikscondities op het gebied van bewoning en klimaat.

Bovendien wordt in het rapport ingegaan op de eisen ten aanzien van de vaststellingsmethode van energetische besparing. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen laboratoriumexperimenten, rekensimulatiestudies en praktijkexperimenten.

INHOUD	pagina
1. INLEIDING	4
2. DEFINITIES	5
2.1 Energiebesparing	5
2.1.1 Zonneverwarmingsinstallatie	5
2.1.2 Vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonne-energie	5
2.1.3 Referentietoepassingscondities	6
2.1.4 Energiegebruik	6
2.2 Moeilijke situaties	7
3. REFERENTIETOEPASSINGSCONDITIONES	10
3.1 Referentie woning	10
3.1.1 Afmetingen	10
3.1.2 Ramen	10
3.1.3 Constructiegegevens	10
3.2 Technische installaties	10
3.2.1 Verwarmingssysteem	10
3.2.2 Ventilatie	12
3.2.2.1 Mechanische afvoer	13
3.2.2.2 Luchtstromen intern en door de gebouwschil	13
3.2.3 Warmtapwatersysteem	15
3.3 Bewonersgedrag	15
3.3.1 Ruimtetemperaturen	15
3.3.2 Ventilatie	15
3.3.3 Interne warmteproductie	17
3.3.4 Warmtapwaterverbruik	17
3.4 Referentie omgevingsfactoren	17
3.4.1 Binnenklimaat	17
3.4.2 Buitenklimaat	18
3.4.3 Opstelling collectoren	18
3.5 Warmtebehoefte van de woning	18
4. VASTSTELLINGSMETHODEN REFERENTIE-ENERGIEBESPARING	19
4.1 Laboratoriumexperiment	19
4.1.1 Aanbevelingen voor de wijze van uitvoering	19
4.1.2 De Systeem Test Methode (STF-methode)	19
4.1.3 Aanbevelingen ten aanzien van het gebruik van de STF-methode	22
4.2 Rekensimulatiestudie	23
4.3 Praktijkexperimenten	23
LITERATUUR	25

1. INLEIDING

In het verlengde van de ontwikkeling van de zonneboiler worden voor zonneverwarmingsinstallaties ook meer formele kwaliteitseisen gesteld. In dit rapport wordt een onderdeel van deze kwaliteitseisen behandeld: de eenduidige definitie van de energiebesparing.

Eenduidigheid in de definitie van de energiebesparing is van belang om de prestatie van verschillende (uitvoeringen van) zonneverwarmingsinstallaties van een zonneverwarmingsinstallatie te vergelijken. Als zodanig is dit rapport bedoeld ter ondersteuning van rekenstudies, laboratoriumexperimenten en praktijkexperimenten op het gebied van zonneverwarmingsinstallaties.

De toepassing van een zonneverwarmingsinstallatie bevindt zich nog in een zekere experimentele fase. Dit betekent dat nog niet alle mogelijke uitvoeringsvormen en toepassingswijzen van de zonneverwarmingsinstallatie bekend zijn. Om ontwikkelingen in deze fase niet te frustreren is nog een zekere vrijheid in de definities en de uitwerking van de definities gelaten. Daar staat echter tegenover dat de situatie waarin de zonneverwarmingsinstallatie wordt geplaatst (woning, overige installaties, e.d.) wel eenduidig wordt vastgelegd.

In hoofdstuk 2 wordt de definitie van de energiebesparing van een zonneverwarmingsinstallatie gegeven. De gekozen definities volgen dezelfde lijn als de definities voor zonneboilers ¹.

De wijze waarop de zonneverwarmingsinstallatie wordt gebruikt, is van grote invloed op de energiebesparing. In hoofdstuk 3 worden hiertoe de gebruikscondities van de zonneverwarmingsinstallatie beschreven. Deze gebruikscondities zijn daar waar mogelijk gebaseerd op bestaande normen ^{2 3 4}. Als algemeen uitgangspunt is een NOVEM referentie-doorzonwoning ⁵ gekozen.

Ter afsluiting wordt in hoofdstuk 4 globaal ingegaan op verschillende methoden om de prestatie te kunnen vaststellen. Het is niet de bedoeling de vaststellingsmethoden voor te schrijven. Volstaan wordt met een aantal terzake aanbevelingen.

2. DEFINITIES

2.1 Energiebesparing

De energiebesparing van de zonneverwarmingsinstallatie wordt in analogie met de zonneboiler [1] gedefinieerd door:

de vermindering van het energiegebruik door toepassing van een zonneënergieinstallatie in plaats van een vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie.

Uitgaande van deze algemene definitie, wordt de *Referentie*-energiebesparing onderscheiden met een geldigheid voor, in deze publikatie vastgestelde, eenduidige referentietoepassingscondities over de periode van een geheel jaar. De volgens deze methode vastgestelde *Referentie*-energiebesparing voor zonneverwarmingsinstallaties geeft in principe eenduidige en dus vergelijkbare resultaten.

2.1.1 Zonneverwarmingsinstallatie

Een zonneverwarmingsinstallatie is een apparaat dat warmte levert voor de verwarming van een woning en mogelijk voor de verwarming van warmtapwater. De warmte-opwekking wordt geheel of deels gerealiseerd met zonneënergie. De zonneverwarmingsinstallatie kan voorzien in de totale warmtebehoefte van de woning of slechts voor een deel van de warmtebehoefte.

2.1.2 Vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie

Een vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie wordt gedefinieerd als een apparaat dat een identieke functionaliteit kent in het verwarmingssysteem als de zonneverwarmingsinstallatie. De warmte-opwekking wordt echter geheel op conventionele wijze gerealiseerd.

Hierbij geldt dat beide apparaten in hetzelfde verwarmingssysteem uitwisselbaar zijn; de functionaliteit, vanuit de warmte-afgifte bezien, verandert niet. Als logische consequentie van deze definitie zal de warmte-afgifte onder de referentie-omstandigheden van de vergelijkbare methode en de zonneverwarmingsinstallatie gelijk zijn. Bovendien zal een bewoner geen verschil ervaren tussen beide apparaten.

2.1.3 Referentietoepassingscondities

De referentietoepassingscondities worden vastgesteld door het type woning (globale warmtevrage), de installaties van de woning (inclusief de instellingen), het gebruikersgedrag en de omgevingsfactoren. In hoofdstuk 3 wordt een en ander gedetailleerd vastgelegd.

2.1.4 Energiegebruik

Het energiegebruik wordt berekend als de som van alle toe te voeren energie ten behoeve van de warmtehuishouding van de woning, opgewekt uit conventionele energiebronnen als: gas, olie, elektriciteit, e.d. Energie opgewekt door middel van de zon wordt hiertoe dus niet gerekend. In het algemeen bestaat deze term uit de som van de warmtelevering van een apparaat voor de verwarming van de woning en de bereiding van warmtapwater, vermeerderd met het elektriciteitsverbruik noodzakelijk voor de warmte-opwekking en de distributie van de warmte (pompen, ventilatoren, e.d.). In de berekening van het energiegebruik wordt het elektrisch verbruik gelijkwaardig opgeteld met energie op een andere wijze opgewekt.

- **elektriciteitsverbruik**

Bij toepassing van een collectorpomp in de zonneverwarmingsinstallatie, wordt aangenomen dat deze pomp 2000 draaiuren per jaar maakt. Gegeven een elektrisch verbruik van de pomp kan hiermee het energiegebruik worden berekend.

Voor de overige elektriciteit gebruikende apparaten zal over het algemeen gelden dat deze zowel met als zonder de zonneverwarmingsinstallatie in dezelfde mate worden gebruikt. Zodoende valt deze term uit de definitie van de energiebesparing. Een nadere specificatie van deze elektriciteitsverbruiken is dan ook niet noodzakelijk.

Wanneer in een specifiek geval deze aanname echter niet correct is, dient dit energiegebruik op een realistische manier in de berekening opgenomen te worden.

- warmteverliezen

De lokatie van het warmteleverend apparaat in de woning wordt zodanig verondersteld dat mogelijke warmteverliezen niet ten goede komen aan de verwarming van de woning.

2.2 Moeilijke situaties

De keuze van een vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie is van invloed op de resulterende energiebesparing. Als algemene regel geldt dat bij voorkeur de gehele ZVI vervangen wordt door een zelfde apparaat, waaruit alle zonneënergiedelen zijn verwijderd.

Voorbeeld:

Het verwarmingssysteem put uit een voorraad warmwater in de ZVI en wordt niet direct verwarmd door een ketel. In het 'alternatief' wordt eenzelfde voorraad aangehouden, waaruit het verwarmingssysteem put. Wanneer deze voorraad een geheel vormt met de zonneënergie-opslag, wordt het ZE-deel van de voorraad 'verwijderd'.

Wanneer een ZVI een element toevoegt aan het verwarmingssysteem dat in een vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie niet kan voorkomen, wordt dit element als een integraal onderdeel van de ZVI beschouwd. Dit element komt dan ook niet voor in het alternatief zonder zonneënergie.

Voorbeeld:

Een ZVI voorziet alleen een extra radiator in de woonkamer van warmte. Voor het overige wordt een normaal verwarmingssysteem toegepast. Het alternatief omvat, qua verwarming, nu alleen het normale verwarmingssysteem (dus zonder extra radiator).

Wanneer een ZVI voor een juiste werking een afwijking van de referentie-technische installaties (3.2) noodzakelijk maakt, wordt bij de berekening met de vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie wel uitgegaan van de voorgeschreven technische installatie. Het noodzakelijke afwijkende installatie-onderdeel vormt hiermee een integraal onderdeel van de zonneverwarmingsinstallatie.

Voorbeeld:

De zonneverwarmingsinstallatie verwarmd alleen of mede de ventilatielucht. De referentiecondities voor wat ventilatie betreft worden aangepast, zodat gebalanceerde ventilatie mogelijk wordt. Hierbij blijven overigens de eisen van ventilatiehoeveelheden onverkort gelden.

In de berekening van het energiegebruik zonder zonneënergie wordt gerekend met alleen luchtafvoer voor ventilatie. De gebalanceerde ventilatie wordt aldus als onderdeel van de zonneverwarmingsinstallatie beschouwd en niet als een onderdeel van de referentiewoning.

Wanneer de zonneverwarmingsinstallatie voorziet in de warmwaterbereiding met een 'voorraadtoestel'-comfort en de vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie, noodzaakt tot een keuze van een boiler, wordt een 80 ltr boiler op 65 °C verondersteld met een warmteverlies van 1,214 GJ/jaar.

Wanneer een zonneverwarmingsinstallatie met een in het warmte-opslagvat geïntegreerde gasbrander is uitgevoerd, kan de warmtelevering van de brander niet afzonderlijk worden vastgesteld.

In een dergelijk geval wordt de relatie tussen het gasverbruik van de gasbrander en de nuttig opgewekte warmte vastgesteld in relatie tot alle van toepassing zijnde variabelen, zoals gastemperatuur en druk, temperaturen, e.d..

Met de aldus verkregen relatie wordt vervolgens het gasverbruik per tijdstap omgerekend naar de opgewekte energie.

Woonlaag:	Hoogte [m]	Breedte [m]	Lengte ^{*)} [m]	Inhoud [m ³]
(1)	2,7	5,1	9,00	124
(2)	2,7	5,1	7,75	107
(3)	3,35	5,1	3,25	56

^{*)} gemiddelde lengte i.v.m. schuine dak

tabel 1 Afmetingen van de woning, inclusief de resulterende volumina.

Woonlaag:	Lokaties	Oppervlakte [m ²]	k-waarde raam/ZTA-waarde glas [W/m ² K/-]
(1)	Zuidgevel: raam	4,66	2,9
	glas	3,26	0,7
(2)	Noordgevel: raam	3,89	2,9
	glas	2,72	0,7
(3)	Zuidgevel: raam	3,91	2,9
	glas	2,74	0,7
(4)	Noordgevel: raam	2,77	2,9
	glas	1,94	0,7
(5)	Zuidgevel: raam	0,25	2,9
	glas	0,16	0,7

tabel 2 De afmetingen en specificaties van de ramen (kozijn & glas & deur). De ZTA-waarden zijn overgenomen uit ISSO, publikatie 2: "Zontroetredingsfactoren" voor dubbelglas.

3. REFERENTIETOEPASSINGSCONDITIONES

3.1 Referentie woning

Als woning is gekozen voor de NOVEM "Referentie doorzonwoning" (zie figuur 1). De warmte-isolatiegraad wordt vastgesteld op het "huidige" type. Gekozen is voor een tussenwoning met een oriëntatie noord-zuid.

3.1.1 Afmetingen

De afmetingen van de woning zijn gegeven in ?

3.1.2 Ramen

De gegevens van de ramen zijn gegeven in ?.

3.1.3 Constructiegegevens

De gevels en het dak hebben een warmteweerstand van $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ (R_c). De zijwanden van de muren zijn adiabatisch (tussenwoning). De woning is in alle woonlagen voorzien van dubbele beglazing.

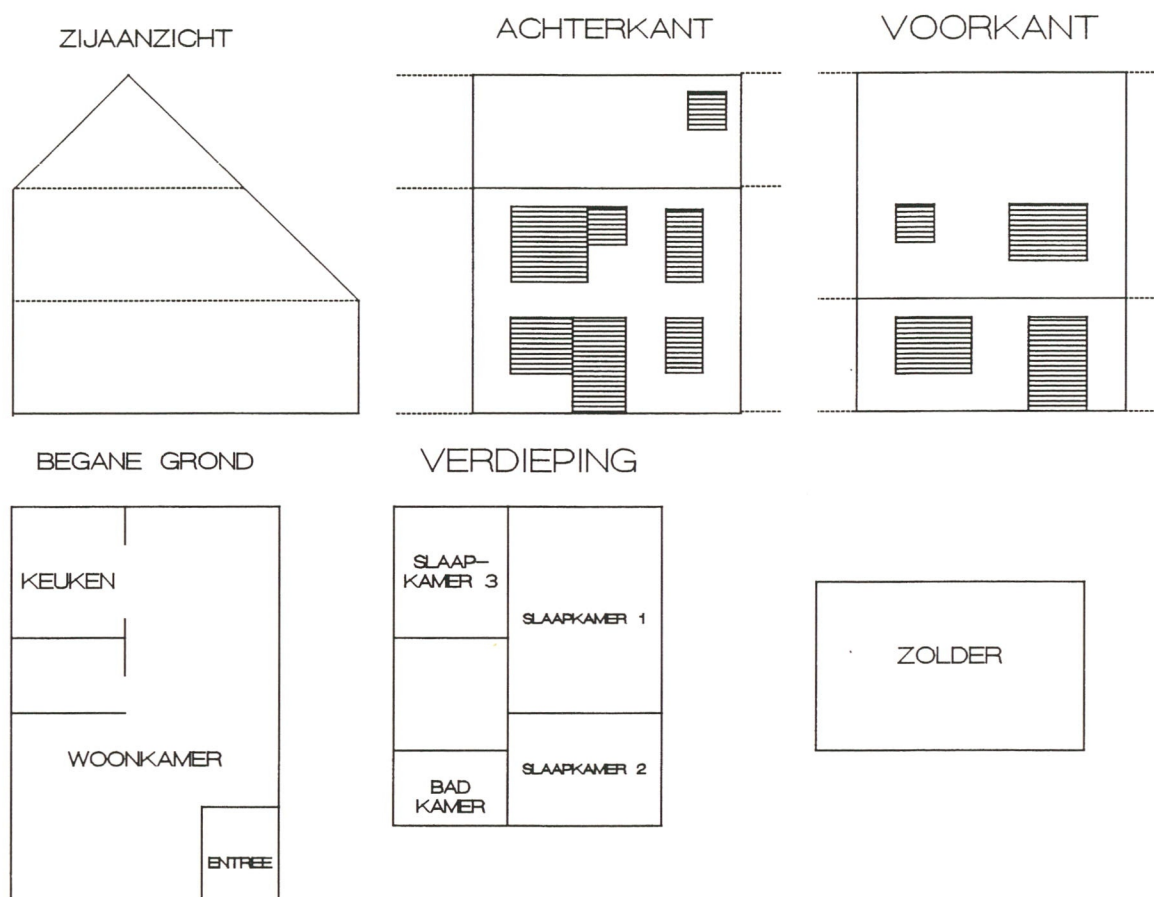
In ? zijn de constructiegegevens gespecificeerd.

3.2 Technische installaties

3.2.1 Verwarmingssysteem

Het verwarmingssysteem omvat de regeling en de methode van warmte-afgifte naar de woning. Het verwarmingssysteem wordt zodanig gekozen dat:

- inpassing mogelijk is in de in 3.2.2 t/m 3.2.3 vermelde overige installatie-onderdelen;



figuur 1 De NOVEM referentie doorzonwoning

- voldaan kan worden aan het in 3.3 vermelde bewonersgedrag;
- in algemeenheid een bewonerscomfort wordt gewaarborgd, zoals dit heden gebruikelijk is.

Gegeven deze definitie bestaat er een ruime mate van vrijheid in de keuze van het verwarmingssysteem. Een dergelijke brede keuze wordt gerechtvaardigd vanuit de praktijk waarbij verschillende verwarmingssystemen worden toegelaten.

De keuze van een verwarmingssysteem wordt bepaald door de eisen die de ZVI, voor een goed functioneren, hieraan stelt en de voorwaarden die gelden voor de referentiecondities. Binnen de randvoorwaarden die gelden met betrekking tot de referentiewarmtevraag (referentiewoning, installaties en bewonersgedrag) is de keuze van het verwarmingssysteem binnen zekere grenzen nog van invloed op de energiebesparing van de ZVI. Om de relatie tussen de energiebesparing en uitvoering van het verwarmingssysteem zeker te stellen, wordt geëist dat een globale omschrijving van dit verwarmingssysteem wordt opgenomen bij elke vermelding van de gevonden energiebesparing. Deze omschrijving dient in ieder geval een functionele omschrijving te bevatten en alle aspecten die betrekking hebben op de kostprijs en de inpasbaarheid van het verwarmingssysteem.

3.2.2 Ventilatie

De nuvolgende ventilatieparameters zijn berekend voor de referentiewoning conform het in de NEN 2686 gestelde.

De woning is, overeenkomstig de "Referentie Doorzonwoning", voorzien van mechanische luchtafvoer ten behoeve van de ventilatie. Bovendien wordt interne luchtstroming gedefinieerd tussen de woonlagen in de woning.

3.2.2.1 Mechanische afvoer

De mechanische afvoer kent twee standen; een hoogstand en een laagstand (70% van de hoogstand). Alleen de woonlagen (1) en (2) worden mechanisch geventileerd. Hierbij geldt dat 2/3 van het luchtdebiet op woonlaag (1) wordt onttrokken en 1/3 van het luchtdebiet op woonlaag (2) wordt onttrokken. De lucht volumestroom in de hoogstand wordt vastgesteld op 150 m³/h (NEN1087).

3.2.2.2 Luchtstromen intern en door de gebouwschil

De luchtdoorlatendheid van de gebouwschil wordt vastgesteld op 0,15 m³/h (NEN2686). De ventilatiestromen worden berekend voor:

- Buitenklimaatomstandigheden in de winter: temperatuur = 4,8 °C en windsnelheid is 3,4 m/s
- Binnentemperaturen (NEN5066): Woonlaag (1) = 20, (2) = 18 en (3) = 15 °C.
- Mechanische ventilatie in de laagstand
- De aanname dat bewoners geen gebruik maken van de toevoervoorzieningen voor ventilatie en ramen.

Aldus resulteert voor de natuurlijke ventilatie per woonlaag:

$$\text{Woonlaag (1): } 67,7 + 2,5 \times V_{\text{wind}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\text{Woonlaag (2): } 78,3 + 0,6 \times V_{\text{wind}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\text{Woonlaag (3): } 46,1 + 9,0 \times V_{\text{wind}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Voor de onderlinge ventilatie geldt:

$$\text{Van woonlaag (2) naar (1): } 42,5 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\text{Van woonlaag (3) naar (2): } 49,0 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

De voornoemde factoren zijn berekend voor de uitgangscondities met het TNO-Bouw ventilatierekenmodel.

	Lengte [m]	Breedte [m]	Dikte [m]	Oppervlak [m ²]	Warmte- capaciteit [MJ/K]	α_i [W/m ² K]	α_o [W/m ² K]	α_r [W/m ² K]
Woonlaag 1: (begane grond)								
Vloer	9.00	5.10	0.06	45.90	4.627	4.00	10.00	5.68
Plafond	9.00	5.10	0.15	45.90	11.567	1.00	5.00	5.68
Z-binnen wand	2.70	5.10	0.10	9.11	1.530	4.00	0.44	5.68
N-binnen wand	2.70	5.10	0.10	9.88	1.660	4.00	0.44	5.68
Oost wand	2.70	9.00	0.10	24.30	4.082	3.00	0.00	5.68
West wand	2.70	9.00	0.10	24.30	4.082	3.00	0.00	5.68
Z-buiten wand	2.70	5.10	0.10	9.11	1.530	4.00	25.00	0.80
N-buiten wand	2.70	5.10	0.10	9.88	1.660	4.00	25.00	0.80
Woonlaag 2 (1 ^e verdieping)								
Vloer	9.00	5.10	0.06	45.90	4.627	4.00	10.00	5.68
Plafond	6.50	5.10	0.15	33.15	8.354	1.00	5.00	5.68
Z-binnen wand	3.65	5.10	0.10	14.71	2.470	4.00	0.44	5.68
N-binnen wand	2.70	5.10	0.10	11.00	1.848	4.00	0.44	5.68
Oost wand	2.70	7.75	0.10	20.93	3.515	3.00	0.00	5.68
West wand	2.70	7.75	0.10	20.93	3.515	3.00	0.00	5.68
Z-buiten wand	3.65	5.10	0.10	14.71	2.470	4.00	25.00	0.80
N-buiten wand	2.70	5.10	0.10	11.00	1.848	4.00	25.00	0.80
Woonlaag 3 (zolder)								
Vloer	6.50	5.10	0.06	33.15	3.342	4.00	10.00	5.68
Z-binnen dak	4.65	5.10	0.05	23.47	1.971	4.00	0.80	5.68
N-binnen dak	4.65	5.10	0.05	23.72	1.992	4.00	0.80	5.68
Oost wand	3.35	3.25	0.10	10.89	1.829	3.00	0.00	5.68
West wand	3.35	3.25	0.10	10.89	1.829	3.00	0.00	5.68
Z-buiten dak	4.65	5.10	0.05	23.47	1.971	0.80	25.00	0.50
N-buiten dak	4.65	5.10	0.05	23.72	1.992	0.80	25.00	0.50

tabel 3 Gegevens van wanden, vloeren en plafonds

α_i = de wamtransportcoëfficiënt van de buitenzijde van de constructie

α_o = de wamtransportcoëfficiënt van de binnenzijde van de constructie

α_r = de stralingswamtransportcoëfficiënt van de constructie

3.2.3 Warmtapwatersysteem

Het warmtapwatersysteem moet onafhankelijk van het zonaanbod in staat zijn tot levering van tapwater op een temperatuur van $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$. Bij langdurige aaneengesloten perioden van warmtapwaterverbruik mag de temperatuur van het warmtapwater niet onder de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ zakken.

3.3 Bewonersgedrag

De operationele condities van de installaties in de woning en de door gebruik te beïnvloeden parameters worden per onderdeel vastgelegd.

3.3.1 Ruimtetemperaturen

De ruimtetemperatuur op woonlaag (1) is van 7 t/m 22 uur $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en in de overige uren $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. De ruimtetemperatuur op woonlaag (2) is van 7 t/m 22 uur $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en in de overige uren $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Deze instellingen zijn gebaseerd op NEN5066 en NEN5128.

3.3.2 Ventilatie

Het gebruik van de ventilatie wordt gedefinieerd door 3 periodes van één uur per dag (voor koken en douchen op: 7, 12 en 18 uur) waarin de mechanische ventilatie in de hoogstand wordt gebruikt. In de overige uren wordt de laagstand toegepast.

In uur:	Gewenste ruimte- temperatuur [oC] per woonlaag:			Mechanische luchtafvoer [m3/h] per woonlaag:			Interne warmte- productie [W] per woonlaag:			Tapwaterverbruik:		In uur:													
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	Door- stroom toestel	Voorraad toestel														
										[ltr]	[MJ, 65 oC]														
0	15	15	Ge en	67	34	0	88	200	0			0													
1												1													
2												2													
3												3													
4												4													
5												5													
6	20	18		100	50		350	0		36.7	7.67	6													
7				67	34							875			7										
8															100	50	36.7	7.67	8						
9																			67	34			9		
10																							100	50	36.7
11				67	34																				
12										100	50				36.7	7.67									
13												67	34							13					
14																	100	50		36.7			7.67	14	
15				67	34																			15	
16										100	50													36.7	7.67
17												67	34												
18															100	50	36.7	7.67							
19				67	34																				
20										100	50									36.7			7.67		
21												67	34												
22	100	50					36.7	7.67							22										
23				67	34																			23	
15			15			88			200	110	23						Ge m.								
Ge m.			18			17			-	71	36	0	394	67			0	110	23					Ge m.	

tabel 4 Tijdsafhankelijke instellingen/taken van de woninginstallaties.

3.3.3 Interne warmteproductie

De interne warmteproductie wordt vastgesteld per woonlaag als:

- woonlaag (1): 23 t/m 6 uur 88 W, 7 t/m 16 uur 350 W en 17 t/m 22 uur 875 W
- woonlaag (2): 23 t/m 6 uur 200 W en 7 t/m 22 uur 0 W
- woonlaag (3): geen interne warmteproductie

De interne warmteproductie is gebaseerd op NEN5128, gegeven een verblijfsoppervlak van 35 en 25 m² op respectievelijk woonlaag (1) en woonlaag (2). De jaarlijkse interne warmteproductie, over een stookseizoen van 210 dagen, is 8400 MJ/jr.

3.3.4 Warmtapwaterverbruik

Het warmtapwaterverbruik wordt vastgesteld op 110 liter per dag met een koudwatertemperatuur van 15 °C en een gewenste taptemperatuur van 65 °C. De totale tapwaterbehoefte wordt evenredig verdeeld in 3 tapperiodes (8, 13 en 18 uur) aan het systeem onttrokken.

Het tapwaterdebiet wordt vastgesteld op 6 ltr/min voor doorstroomachtige warmwatertoe-
stellen en 8 ltr/min voor voorraadtoestellen.

Wanneer het te testen systeem een warmwaterbereiding kent op de taptemperatuur wordt de equivalente warmtehoeveelheid van de tapwaterbehoefte aan het systeem onttrokken. Dit betekent een dagelijkse behoefte van 23 MJ.

Dit tapwaterverbruik is conform de definitie die geldt voor de gestandaardiseerde test voor zonneboilers.

3.4 Referentie omgevingsfactoren

3.4.1 Binnenklimaat

De binnen de woning geplaatste installatiedelen van de zonneverwarmingsinstallatie bevinden zich in een onverwarmd deel van de woning met een constante temperatuur van 15 °C.

3.4.2 Buitenklimaat

Ten behoeve van een definitie van het buitenklimaat wordt het TryDeBilt ⁶ gebruikt.

3.4.3 Opstelling collectoren

De collectoren worden op het zuiden gericht met een hoek van 50° met de horizontaal.

3.5 Warmtebehoefte van de woning

Volgens de definitie van het warmtapwatergebruik in 3.3.4 is de warmtevraag voor de warmtapwaterbereiding op jaarbasis 8,4 GJ/jr.

De warmtevraag van de woning kan gegeven de definities in hoofdstuk 3 slechts globaal worden opgegeven. Het gekozen verwarmingssysteem is namelijk van invloed op de warmtebehoefte van de woning. Als richtgetal kan een praktijk situatie met radiatorverwarming worden aangehouden. Hiervoor wordt een warmtebehoefte van 21 GJ/jr berekend.

Totaal komt dit globaal overeen met een gasverbruik van 1100 á 1200 m³/jr voor verwarming en warmtapwater.

4. VASTSTELLINGSMETHODEN REFERENTIE-ENERGIEBESPARING

4.1 Laboratoriumexperiment

4.1.1 Aanbevelingen voor de wijze van uitvoering

De referentie-energiebesparing kan experimenteel bepaald worden. Hiertoe wordt het referentie-energiegebruik (zonder zonneënergie) met een rekensimulatiemodel vastgesteld. Hiervoor gelden dezelfde eisen als bij een rekensimulatiestudie (4.1).

Voor de vaststelling van het energiegebruik door toepassing van de zonneverwarmingsinstallatie wordt een experiment ingericht. Het experiment dient de dynamische werking van de zonneverwarmingsinstallatie in al de mogelijke bedrijfssituaties te omvatten. Vervolgens worden de resultaten van het experiment omgerekend naar de referentie-toepassingscondities.

Aanbevolen wordt het experiment te baseren op een dynamische simulatie van de referentie-toepassingscondities. Door op deze wijze te experimenteren wordt de omrekening naar een volledig jaar van deze referentie-toepassingscondities aanzienlijk nauwkeuriger. Op deze wijze wordt slechts geëxtrapoleerd naar een langere tijdsperiode en een ander klimaatjaar.

In het laboratoriumexperiment moet rondom de binnenshuis geplaatste delen van de zonneverwarmingsinstallatie een constante temperatuur van 15 °C heersen. Het warmteverlies van de zonneënergie-opslagtank komt niet ten goede aan de verwarming van het huis. TNO-Bouw heeft voor een dergelijk experiment een testmethode beschikbaar ⁷.

4.1.2 De Systeem Test Methode (STF-methode)

De Systeem-Test-Methode (STF-methode) werd in 1985 ontwikkeld ter ondersteuning van het onderzoek en de ontwikkeling van zonneverwarmingsinstallaties (=ZVI). Het doel van de test was meervoudig:

- vaststellen of een nieuw ontwikkelde ZVI betrouwbaar in de praktijk kan functioneren;

- door interpretatie van het dynamisch systeemgedrag de sterke en zwakke punten van het ontwerp vaststellen;
- aanbevelingen formuleren ter verbetering van het systeemconcept;
- een schatting van de jaaropbrengst onder gebruikscondities maken.

Gegeven de stand van ontwikkeling van zonneënergie in die tijd was vooral het beoordelen van het ontwerp en het aangeven van mogelijke verbeteringen een belangrijk aspect. In de navolgende jaren zijn verschillende ZVI's op deze wijze geëvalueerd.

De jaaropbrengstschatting kende in dit werk een ondersteunende functie om de werkzaamheid van het ontwerp te toetsen; er was nog geen sprake van onderlinge vergelijking van de prestatie van verschillende concurrerende ZVI's. De methode van jaaropbrengstschatting werd gevalideerd voor de toen gangbare ZVI-concepten (collectoroppervlakten vanaf 10 m² en zonder geïntegreerde naverwarming) en voldoende bevonden. Het aspect eenduidige gebruiksomstandigheden is echter niet in de ontwikkelingen vervat. De gebruiksomstandigheden waarin de ZVI geprognostiseerd was, werd aangehouden in de test en de berekeningen.

In pincipe kan met de STF-methode de Referentie-energiebesparing experimenteel worden bepaald. Ten aanzien van de nauwkeurigheid van vaststelling gelden echter wel de volgende kanttekeningen, nl:

- (1) *De STF-methode is ontwikkeld in de veronderstelling dat het zonneverwarmingsinstallatie voornamelijk een bijdrage levert in de verwarming van de woning en tevens een bijdrage levert in de verwarming van het warmtapwater.*

Deze eis is een essentiële. In de jaaropbrengstberekening wordt er namelijk vanuit gegaan dat er een relatie bestaat tussen de warmtevraag en de buitentemperatuur en bovendien tussen de warmtevraag en de zonneënergie-opbrengst.

De relatie tussen warmtevraag en buitentemperatuur bestaat echter alleen voor de ruimteverwarming en niet voor de verwarming van het warmtapwater. Wanneer de bijdrage aan de ruimteverwarming groot is t.o.v. de warmtevraag voor warmtapwater is dit een beperkt probleem.

De relatie tussen de warmtevraag en de zonneënergie-opbrengst is over het algemeen duidelijk. De warmtevraag is echter samengesteld uit de warmtevraag van de ruimteverwarming en het warmtapwater. Wanneer de ZVI slechts marginaal bijdraagt aan de ruimteverwarming bestaat er geen sterke relatie tussen de warmtevraag voor de ruimteverwarming en de zonneënergie-opbrengst.

Bij hedendaagse zonneverwarmingsinstallaties is een duidelijke trend zichtbaar naar systemen met een relatief klein collectoroppervlak en een gecombineerde functie van ruimteverwarming en warmtapwaterverwarming. Het systeem is voorts zodanig vorm gegeven dat in eerste instantie zonneënergie wordt toegevoerd aan de verwarming van het tapwater. In algemene termen betekent dit dat zo'n ZVI tot ca. 4 m² voornamelijk een zonneënergiebijdrage aan de verwarming van het warmtapwater levert. Pas bij grotere collectoroppervlakken (>10 m²) is er sprake van een voornamelijk bijdrage aan ruimteverwarming. Dit heeft tot consequentie dat de STF-methode zich voor deze moderne systemen met een collectoroppervlak kleiner dan ca. 10 m² in een zeer ongunstig gebruiksdomein bevindt. De methode is voor zulke systemen niet gevalideerd en zal naar verwachting een slechte nauwkeurigheid te zien geven.

(2) *De STF-methode is gevalideerd voor ZVI's zonder geïntegreerde naverwarming.*

Nadat de STF-methode is geïmplementeerd zijn weliswaar testen uitgevoerd aan ZVI's met een geïntegreerde naverwarming maar dit gebruiksdomein is nooit gevalideerd. Voor een eenduidige opbrengstbepaling bestaat onzekerheid aangaande de nauwkeurigheid van de methode. Gegeven de systeemconcepten van eind jaren 80, met een totale zonneënergiebijdrage van ca. 30 á 35%, bestond er weinig reden tot twijfel aangaande de nauwkeurigheid op dit aspect. In essentie werd de geïntegreerde naverwarming in de methode ingepast door te kijken naar het verschil in toegevoerde warmte van CV-toestel met en zonder zonneënergie. Bij hedendaagse ZVI's is een zonneënergiebijdrage van 10 á 15% normaal. Hierdoor wordt het verschil in toegevoerde warmte van de CV-ketel met en zonder zonneënergie aanzienlijk verkleind bij een gelijkblijvende absolute fout. De nauwkeurigheid van het uiteindelijke resultaat heeft hier sterk door te leiden.

(3) *Een in de ZVI geïntegreerde gasbrander levert extra onnauwkeurigheden op.*

De prestatie van een zonneënergiesysteem wordt weergegeven als een energetische besparing. Doordat de gasbrander in de ZVI is geïntegreerd, kan niet direct worden vastgesteld welke warmte wordt geproduceerd. Gegeven een in een ander kader vastgestelde branderrendementsrelatie kan de warmte-opbrengst indirect uit het gasverbruik worden afgeleid. Hiermee wordt echter wel een extra fout in het uiteindelijk resultaat geïntroduceerd.

(4) *De STF-methode is niet in staat vanuit een eenmaal vastgestelde jaaropbrengst de opbrengst te bereken voor een zelfde systeem met een ander collectoroppervlak of opslagvolume.*

Bij de opbrengstvaststelling van een zonneboiler (DST) is dit een bestaande optie, die er toe leidt dat een leverancier niet voor elk type een complete test behoeft uit te voeren. Met de STF-methode is de optie niet bereikbaar en moet telkens opnieuw worden gemeten.

4.1.3 Aanbevelingen ten aanzien van het gebruik van de STF-methode

De bruikbaarheid van de STF-methode om de energetische prestatie van zonneverwarmingssystemen vast te stellen is beperkt.

In het algemeen wordt vastgesteld dat deze wijze van vaststelling de zogenaamde T*-methode [9] niet kan vervangen; er kan niet gesteld worden dat de nauwkeurigheid van het eindresultaat voor alle voorkomende systeemconcepten voldoet aan de in dit kader gestelde eisen.

Een alternatieve experimentele methode voor het vaststellen van de opbrengst van een zonneverwarmingsinstallatie is nu nationaal noch internationaal beschikbaar. Internationaal worden er wel activiteiten voorbereid of ondernomen om tot een testmethode te komen. Naar verwachting zal dit resulteren in een methode die vergelijkbaar is met de DST-methode voor zonneboilers. De vastgestelde eenduidige definities en gebruiksomstandigheden zullen zodra een testmethode beschikbaar komt toegepast kunnen worden. Voorgesteld wordt deze internationale ontwikkelingen te volgen en zonodig in internationaal verband t.z.t. activiteiten te ontplooiën.

De Referentie-energiebesparing, vastgesteld met de STF-methode, is bruikbaar in het produktontwikkelingsstadium om ontwerpuitsgangspunten te verifiëren. Betrek bij de interpretatie van het eindresultaat echter wel de voorgaande vier kanttekeningen.

4.2 Rekensimulatiestudie

De gepresenteerde definities en referenties zijn uitstekend geschikt in het uitvoeren van rekensimulatiestudies, om een eenduidig resultaat te verkrijgen. Dat wil zeggen dat de resultaten vergelijkbaar zijn met eerdere studies met dezelfde definities en referenties.

Het rekenmodel dient de gekozen referentie-toepassingscondities, de zonneverwarmingsinstallatie en de alternatieve methode van warmte-opwekking op een dynamische en realistische manier te beschrijven. Bij de berekening wordt een rekestijdstap aangehouden die een realistisch regelgedrag waarborgt.

TNO-Bouw heeft hiertoe een rekenmodel ⁸ beschikbaar.

In een rekensimulatiestudie kunnen alle in deze publikatie gestelde eisen worden gerealiseerd.

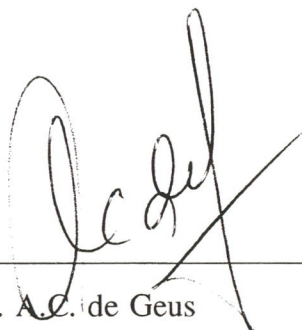
4.3 Praktijkexperimenten

Voor het vaststellen van de referentie-energiebesparing in een praktijkexperiment gelden dezelfde eisen als bij een laboratoriumexperiment (4.1.1).

Bij een dergelijk experiment kunnen echter nooit de referentie-toepassingscondities worden aangehouden. Bij een omrekening van de experimentele gegevens naar de referentie-toepassingscondities zullen door extrapolatie aanzienlijke grotere fouten worden gemaakt als bij een laboratorium experiment.



ing. G.A.H. van Amerongen
projectleider



ir. A.C. de Geus
sectiehoofd
Bouwfysica en Zonneënergie

Delft, december 1995

ANG1766.NOV (bnl)

LITERATUUR

- [1] Testprocedure ten behoeve van beschrijving kwaliteitsniveau zonneboilers
TNO-rapport: 93-BBI-R0339/1
12 maart 1993
drs. B.G.C. van der Ree
- [2] NEN1087
Ventilatie van woongebouwen. Eisen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1991, Delft
- [3] NEN5066
Warmteverliesberekeningen van gebouwen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1992, Delft
- [4] NEN2686
Luchtdoorlatendheid van gebouwen, Eisen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1988, Delft
- [5] Referentie Doorzonwoning
NOVEM, 1990
- [6] Test Reference Years TRY - weather sets for computer simulations of solar energy systems and energy consumption in buildings.
EUR 9765, CEC, Directorate General XII for science, Research and Development, Brussel en Luxemburg, 1985
- [7] W. Kowalczyk, G.A.H. van Amerongen, A.C. de Geus
House3 - A computermodel of a 3-room house
TNO Bouw, Rapport 94-BBI-R1755

- [8] Ontwikkeling STF-methode voor het testen van complete zonneverwarmingssystemen
 (eindrapportage)
 TNO-rapport: 614.032/033
 30 maart 1989
 ing. G.A.H. van Amerongen
 ir. A.C. de Geus
- [9] Procedure ter bepaling van de opbrengsttabel van zonnecollectoren
 TNO-rapport: 93-BBI-R0736/1
 21 juni 1993
 drs B.G.C. van der Ree, ing G.A.H. van Amerongen

1. Testprocedure ten behoeve van beschrijving kwaliteitsniveau zonneboilers
TNO-rapport: 93-BBI-R0339/1
12 maart 1993
drs B.G.C. van der Ree
2. NEN1087
Ventilatie van woongebouwen. Eisen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1991, Delft
3. NEN5066
Warmteverliesberekeningen van gebouwen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1992, Delft
4. NEN2686
Luchtdoorlatendheid van gebouwen, Eisen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1988, Delft
5. Referentie Doorzonwoning
NOVEM, 1990
6. Test Reference Years TRY - weather sets for computer simulations of solar energy systems and energy consumption in buildings.
EUR 9765, CEC, Directorate General XII for science, Research and Development, Brussel en Luxemburg, 1985
7. Ontwikkeling STF-methode voor het testen van complete zonne-verwarmingssystemen (Eindrapportage)
TNO-rapport: 614.032/033
30 maart 1989
ing G.A.H. van Amerongen
Ir. A.C. de Geus
8. W. Kowalczyk, G.A.H. van Amerongen, A.C. de Geus
House3 - A computermodeel of a 3-room house
TNO-Bouw, Rapport 94-BBI-R1755

BIJLAGE 1

**Inputfile voor het HOUSE3 rekenmodel zoals
in hoofdstuk 3 is beschreven.**

Uitvoer gelezen en berekende gegevens, KAMER 3

Gegevens wanden, vloer en plafond

	Lengte (m)	Breedte (m)	Dikte (m)	Oppervlak (m ²)	Capacity (J/K)	Alfa-i W/m ² K	Alfa-o W/m ² K	Alfa-r W/m ² K
1.Vloer	6.50	5.10	.06	33.15	3341520.	4.00	10.00	5.68
2.Zuid-binnen dak	4.65	5.10	.05	23.47	1971060.	4.00	.80	5.68
3.Noord-binnen dak	4.65	5.10	.05	23.72	1992060.	4.00	.80	5.68
4.Oost wand	3.35	3.25	.10	10.89	1829100.	3.00	.00	5.68
5.West wand	3.35	3.25	.10	10.89	1829100.	3.00	.00	5.68
6.Zuid-buiten dak	4.65	5.10	.05	23.47	1971060.	.80	25.00	.50
7.Noord-buiten dak	4.65	5.10	.05	23.72	1992060.	.80	25.00	.50
Wandoppervlakte tot.				102.11	m ²			

Afmetingen glas en lijsten

	Hoogte (m)	Breedte (m)	Oppervl (m ²)	U-value:ZTA W/m ² K: -
Beglazing Zuid wand				
Glas+lijsten, raam 1	.25	1.00	.25	2.90
Allen glas, raam 1	.16	1.00	.16	.70
Totaal sponningen Zuid+Noord		.25	m ²	
Totaal glas Zuid+Noord		.16	m ²	

Ventilatie stromen

Volume van het vertrek	55.5	m ³	
Nat. vent. kamer	46.1	+	9.0 * Vwind m ³ /h
Onderlinge vent. naar kamer 1	.0	m ³ /h	
en naar kamer 2	49.0	m ³ /h	

Uitvoer gelezen en berekende gegevens, KAMER 2

=====

Gegevens wanden, vloer en plafond

	Lengte (m)	Breedte (m)	Dikte (m)	Oppervlak (m ²)	Capacity (J/K)	Alfa-i W/m ² K	Alfa-o W/m ² K	Alfa-r W/m ² K
1.Vloer	9.00	5.10	.06	45.90	4626720.	4.00	10.00	5.68
2.Plafond	6.50	5.10	.15	33.15	8353800.	1.00	5.00	5.68
3.Zuid-binnen wand	3.65	5.10	.10	14.71	2470440.	4.00	.44	5.68
4.Noord-binnen wand	2.70	5.10	.10	11.00	1848000.	4.00	.44	5.68
5.Oost wand	2.70	7.75	.10	20.93	3515400.	3.00	.00	5.68
6.West wand	2.70	7.75	.10	20.93	3515400.	3.00	.00	5.68
7.Zuid-buiten wand	3.65	5.10	.10	14.71	2470440.	4.00	25.00	.80
8.Noord-buiten wand	2.70	5.10	.10	11.00	1848000.	4.00	25.00	.80
Wandoppervlakte tot.				146.61 m ²				

Afmetingen glas en lijsten

	Hoogte (m)	Breedte (m)	Oppervl (m ²)	U-value:ZTA W/m ² K: -
Beglazing Zuid wand				
Glas+lijsten, raam 1	3.91	1.00	3.91	2.90
Allen glas, raam 1	2.74	1.00	2.74	.70
Beglazing Noord wand				
Glas+lijsten, raam 1	2.77	1.00	2.77	2.90
Allen glas, raam 1	1.94	1.00	1.94	.70
Totaal sponningen Zuid+Noord			6.68 m ²	
Totaal glas Zuid+Noord			4.68 m ²	

Ventilatie stromen

Volume van het vertrek	106.7 m ³	
Nat. vent. kamer	78.3 +	.6 * Vwind m ³ /h
Onderlinge vent. naar kamer 1	42.5 m ³ /h	
en naar kamer 3	.0 m ³ /h	

Uitvoer gelezen en berekende gegevens, KAMER 1

=====

Gegevens wanden, vloer en plafond

	Lengte (m)	Breedte (m)	Dikte (m)	Oppervlak (m ²)	Capacity (J/K)	Alfa-i W/m ² K	Alfa-o W/m ² K	Alfa-r W/m ² K
1.Vloer	9.00	5.10	.06	45.90	4626720.	4.00	10.00	5.68
2.Plafond	9.00	5.10	.15	45.90	11566800.	1.00	5.00	5.68
3.Zuid-binnen wand	2.70	5.10	.10	9.11	1530480.	4.00	.44	5.68
4.Noord-binnen wand	2.70	5.10	.10	9.88	1659840.	4.00	.44	5.68
5.Oost wand	2.70	9.00	.10	24.30	4082400.	3.00	.00	5.68
6.West wand	2.70	9.00	.10	24.30	4082400.	3.00	.00	5.68
7.Zuid-buiten wand	2.70	5.10	.10	9.11	1530480.	4.00	25.00	.80
8.Noord-buiten wand	2.70	5.10	.10	9.88	1659840.	4.00	25.00	.80
Wandoppervlakte tot.				159.39 m ²				

Afmetingen glas en lijsten

	Hoogte (m)	Breedte (m)	Oppervl (m ²)	U-value:ZTA W/m ² K: -
Beglazing Zuid wand				
Glas+lijsten, raam 1	4.66	1.00	4.66	2.90
Allen glas, raam 1	3.26	1.00	3.26	.70
Beglazing Noord wand				
Glas+lijsten, raam 1	3.89	1.00	3.89	2.90
Allen glas, raam 1	2.72	1.00	2.72	.70
Totaal sponningen Zuid+Noord		8.55 m ²		
Totaal glas Zuid+Noord		5.98 m ²		

Ventilatie stromen

Volume van het vertrek	123.9 m ³	
Nat. vent. kamer	67.7 +	2.5 * Vwind m ³ /h
Onderlinge vent. naar kamer 2	.0 m ³ /h	
en naar kamer 3	.0 m ³ /h	

```
=====
==
==      CALCULATIONS CARRIED OUT USING "HOUSE3"
==      (THREE SEPARATED ROOMS)
==
=====
==
==  Buiten oppervlak woning      : 153.26 m2
==  Volume woning               : 286.17 m3
==  Gemiddelde K-waarde         : .58 W/m2K
==  IT-waarde                   : 15.23 -
==  Design transmission losses  : 2530.26 W
==
=====
```

Installations used
=====

```
- Radiator heating
      Room 1      Room 2
Heat capacity: 130000.00 J/K 130000.00 J/K
Alfa*F       : 200.00 W/K   200.00 W/K
```

AFDELING BINNENMILIEU, BOUWFYSICA EN INSTALLATIES
DOCUMENTATIE INPUT FORMULIER

Rapporttitel : Definities en referenties ten behoeve van
zonneverwarmingsinstallaties

Auteur(s) : ing. G.A.H. van Amerongen, ing. S. Bijma, ing,
H.J.M. Cornelissen

Rapportnummer : 94-BBI-R1766
Projectnummer : 32663036
Rapportdatum : 19951221
Aantal pagina's : 32
Niet openbaar tot (jjjjmmdd):

Opdrachtgever : NOVEM B.V., Utrecht
Ref.nummer : 143.200-305.1

Samenvatting:

In het verlengde van de ontwikkeling van de zonneboiler worden voor zonneverwarmingsinstallaties ook meer formele kwaliteitseisen gesteld. In dit rapport wordt een onderdeel van deze kwaliteitseisen behandeld: de eenduidige definitie van de energiebesparing.

Eenduidigheid in de definitie van de energiebesparing is van belang om de prestatie van verschillende (uitvoeringen van) zonneverwarmingsinstallaties van een zonneverwarmingsinstallatie te vergelijken. Als zodanig is dit rapport bedoeld ter ondersteuning van rekenstudies, laboratoriumexperimenten en praktijkexperimenten op het gebied van zonneverwarmingsinstallaties.

In dit rapport wordt de grootheid *Energiebesparing* eenduidig omschreven door:

- ▶ de omschrijving (definitie) van de term;
- ▶ de vaststelling van de woning waarin de zonneverwarmingsinstallatie wordt gebruikt;
- ▶ de vaststelling van de gebruikscondities op het gebied van bewoning en klimaat.

Bovendien wordt in het rapport ingegaan op de eisen ten aanzien van de vaststellingsmethode van energetische besparing. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen laboratoriumexperimenten, rekensimulatiestudies en praktijkexperimenten.

94-BBI-R1766

**DEFINITIES EN REFERENTIES TEN BEHOEVE VAN
ZONNEVERWARMINGSINSTALLATIES**

21 december 1995

ing. G.A.H. van Amerongen

Opdrachtgever : NOVEM B.V.
Utrecht

Novem contract : 143.200-305.1

Projectnummer : 326.6.3036

M.m.v. : ing. S. Bijma
ing. H.J.M. Cornelissen

Aantal pagina's : 32
Aantal bijlagen : 1

SAMENVATTING

In het verlengde van de ontwikkeling van de zonneboiler worden voor zonneverwarmingsinstallaties ook meer formele kwaliteitseisen gesteld. In dit rapport wordt een onderdeel van deze kwaliteitseisen behandeld: de eenduidige definitie van de energiebesparing.

Eenduidigheid in de definitie van de energiebesparing is van belang om de prestatie van verschillende (uitvoeringen van) zonneverwarmingsinstallaties van een zonneverwarmingsinstallatie te vergelijken. Als zodanig is dit rapport bedoeld ter ondersteuning van rekenstudies, laboratoriumexperimenten en praktijkexperimenten op het gebied van zonneverwarmingsinstallaties.

In dit rapport wordt de grootheid *Energiebesparing* eenduidig omschreven door:

- ▷ de omschrijving (definitie) van de term;
- ▷ de vaststelling van de woning waarin de zonneverwarmingsinstallatie wordt gebruikt;
- ▷ de vaststelling van de gebruikscondities op het gebied van bewoning en klimaat.

Bovendien wordt in het rapport ingegaan op de eisen ten aanzien van de vaststellingsmethode van energetische besparing. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen laboratoriumexperimenten, rekensimulatiestudies en praktijkexperimenten.

INHOUD	pagina
1. INLEIDING	4
2. DEFINITIES	5
2.1 Energiebesparing	5
2.1.1 Zonneverwarmingsinstallatie	5
2.1.2 Vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonne-energie	5
2.1.3 Referentietoepassingscondities	6
2.1.4 Energiegebruik	6
2.2 Moeilijke situaties	7
3. REFERENTIETOEPASSINGSCONDITIES	10
3.1 Referentie woning	10
3.1.1 Afmetingen	10
3.1.2 Ramen	10
3.1.3 Constructiegegevens	10
3.2 Technische installaties	10
3.2.1 Verwarmingssysteem	10
3.2.2 Ventilatie	12
3.2.2.1 Mechanische afvoer	13
3.2.2.2 Luchtstromen intern en door de gebouwschil	13
3.2.3 Warmtapwatersysteem	15
3.3 Bewonersgedrag	15
3.3.1 Ruimtetemperaturen	15
3.3.2 Ventilatie	15
3.3.3 Interne warmteproductie	17
3.3.4 Warmtapwaterverbruik	17
3.4 Referentie omgevingsfactoren	17
3.4.1 Binnenklimaat	17
3.4.2 Buitenklimaat	18
3.4.3 Opstelling collectoren	18
3.5 Warmtebehoefte van de woning	18
4. VASTSTELLINGSMETHODEN REFERENTIE-ENERGIEBESPARING	19
4.1 Laboratoriumexperiment	19
4.1.1 Aanbevelingen voor de wijze van uitvoering	19
4.1.2 De Systeem Test Methode (STF-methode)	19
4.1.3 Aanbevelingen ten aanzien van het gebruik van de STF-methode	22
4.2 Rekensimulatiestudie	23
4.3 Praktijkexperimenten	23
LITERATUUR	25

1. INLEIDING

In het verlengde van de ontwikkeling van de zonneboiler worden voor zonneverwarmingsinstallaties ook meer formele kwaliteitseisen gesteld. In dit rapport wordt een onderdeel van deze kwaliteitseisen behandeld: de eenduidige definitie van de energiebesparing.

Eenduidigheid in de definitie van de energiebesparing is van belang om de prestatie van verschillende (uitvoeringen van) zonneverwarmingsinstallaties van een zonneverwarmingsinstallatie te vergelijken. Als zodanig is dit rapport bedoeld ter ondersteuning van rekenstudies, laboratoriumexperimenten en praktijkexperimenten op het gebied van zonneverwarmingsinstallaties.

De toepassing van een zonneverwarmingsinstallatie bevindt zich nog in een zekere experimentele fase. Dit betekent dat nog niet alle mogelijke uitvoeringsvormen en toepassingswijzen van de zonneverwarmingsinstallatie bekend zijn. Om ontwikkelingen in deze fase niet te frustreren is nog een zekere vrijheid in de definities en de uitwerking van de definities gelaten. Daar staat echter tegenover dat de situatie waarin de zonneverwarmingsinstallatie wordt geplaatst (woning, overige installaties, e.d.) wel eenduidig wordt vastgelegd.

In hoofdstuk 2 wordt de definitie van de energiebesparing van een zonneverwarmingsinstallatie gegeven. De gekozen definities volgen dezelfde lijn als de definities voor zonneboilers ¹.

De wijze waarop de zonneverwarmingsinstallatie wordt gebruikt, is van grote invloed op de energiebesparing. In hoofdstuk 3 worden hiertoe de gebruikscondities van de zonneverwarmingsinstallatie beschreven. Deze gebruikscondities zijn daar waar mogelijk gebaseerd op bestaande normen ^{2 3 4}. Als algemeen uitgangspunt is een NOVEM referentie-doorzonwoning ⁵ gekozen.

Ter afsluiting wordt in hoofdstuk 4 globaal ingegaan op verschillende methoden om de prestatie te kunnen vaststellen. Het is niet de bedoeling de vaststellingsmethoden voor te schrijven. Volstaan wordt met een aantal terzake aanbevelingen.

2. DEFINITIES

2.1 Energiebesparing

De energiebesparing van de zonneverwarmingsinstallatie wordt in analogie met de zonneboiler [1] gedefinieerd door:

de vermindering van het energiegebruik door toepassing van een zonneënergieinstallatie in plaats van een vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie.

Uitgaande van deze algemene definitie, wordt de *Referentie*-energiebesparing onderscheiden met een geldigheid voor, in deze publikatie vastgestelde, eenduidige referentietoepassingscondities over de periode van een geheel jaar. De volgens deze methode vastgestelde *Referentie*-energiebesparing voor zonneverwarmingsinstallaties geeft in principe eenduidige en dus vergelijkbare resultaten.

2.1.1 Zonneverwarmingsinstallatie

Een zonneverwarmingsinstallatie is een apparaat dat warmte levert voor de verwarming van een woning en mogelijk voor de verwarming van warmtapwater. De warmte-opwekking wordt geheel of deels gerealiseerd met zonneënergie. De zonneverwarmingsinstallatie kan voorzien in de totale warmtebehoefte van de woning of slechts voor een deel van de warmtebehoefte.

2.1.2 Vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie

Een vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie wordt gedefinieerd als een apparaat dat een identieke functionaliteit kent in het verwarmingssysteem als de zonneverwarmingsinstallatie. De warmte-opwekking wordt echter geheel op conventionele wijze gerealiseerd.

Hierbij geldt dat beide apparaten in hetzelfde verwarmingssysteem uitwisselbaar zijn; de functionaliteit, vanuit de warmte-afgifte bezien, verandert niet. Als logische consequentie van deze definitie zal de warmte-afgifte onder de referentie-omstandigheden van de vergelijkbare methode en de zonneverwarmingsinstallatie gelijk zijn. Bovendien zal een bewoner geen verschil ervaren tussen beide apparaten.

2.1.3 Referentietoepassingscondities

De referentietoepassingscondities worden vastgesteld door het type woning (globale warmtevraag), de installaties van de woning (inclusief de instellingen), het gebruikersgedrag en de omgevingsfactoren. In hoofdstuk 3 wordt een en ander gedetailleerd vastgelegd.

2.1.4 Energiegebruik

Het energiegebruik wordt berekend als de som van alle toe te voeren energie ten behoeve van de warmtehuishouding van de woning, opgewekt uit conventionele energiebronnen als: gas, olie, elektriciteit, e.d. Energie opgewekt door middel van de zon wordt hiertoe dus niet gerekend. In het algemeen bestaat deze term uit de som van de warmtelevering van een apparaat voor de verwarming van de woning en de bereiding van warmtapwater, vermeerderd met het elektriciteitsverbruik noodzakelijk voor de warmte-opwekking en de distributie van de warmte (pompen, ventilatoren, e.d.). In de berekening van het energiegebruik wordt het elektrisch verbruik gelijkwaardig opgeteld met energie op een andere wijze opgewekt.

- **elektriciteitsverbruik**

Bij toepassing van een collectorpomp in de zonneverwarmingsinstallatie, wordt aangenomen dat deze pomp 2000 draaiuren per jaar maakt. Gegeven een elektrisch verbruik van de pomp kan hiermee het energiegebruik worden berekend.

Voor de overige elektriciteit gebruikende apparaten zal over het algemeen gelden dat deze zowel met als zonder de zonneverwarmingsinstallatie in dezelfde mate worden gebruikt. Zodoende valt deze term uit de definitie van de energiebesparing. Een nadere specificatie van deze elektriciteitsverbruiken is dan ook niet noodzakelijk.

Wanneer een ZVI voor een juiste werking een afwijking van de referentie-technische installaties (3.2) noodzakelijk maakt, wordt bij de berekening met de vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie wel uitgegaan van de voorgeschreven technische installatie. Het noodzakelijke afwijkende installatie-onderdeel vormt hiermee een integraal onderdeel van de zonneverwarmingsinstallatie.

Voorbeeld:

De zonneverwarmingsinstallatie verwarmd alleen of mede de ventilatielucht. De referentiecondities voor wat ventilatie betreft worden aangepast, zodat gebalanceerde ventilatie mogelijk wordt. Hierbij blijven overigens de eisen van ventilatiehoeveelheden onverkort gelden.

In de berekening van het energiegebruik zonder zonneënergie wordt gerekend met alleen luchtafvoer voor ventilatie. De gebalanceerde ventilatie wordt aldus als onderdeel van de zonneverwarmingsinstallatie beschouwd en niet als een onderdeel van de referentiewoning.

Wanneer de zonneverwarmingsinstallatie voorziet in de warmwaterbereiding met een 'voorraadtoestel'-comfort en de vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie, noodzaakt tot een keuze van een boiler, wordt een 80 ltr boiler op 65 °C verondersteld met een warmteverlies van 1,214 GJ/jaar.

Wanneer een zonneverwarmingsinstallatie met een in het warmte-opslagvat geïntegreerde gasbrander is uitgevoerd, kan de warmtelevering van de brander niet afzonderlijk worden vastgesteld.

In een dergelijk geval wordt de relatie tussen het gasverbruik van de gasbrander en de nuttig opgewekte warmte vastgesteld in relatie tot alle van toepassing zijnde variabelen, zoals gastemperatuur en druk, temperaturen, e.d..

Met de aldus verkregen relatie wordt vervolgens het gasverbruik per tijdstap omgerekend naar de opgewekte energie.

Wanneer in een specifiek geval deze aanname echter niet correct is, dient dit energieverbruik op een realistische manier in de berekening opgenomen te worden.

- warmteverliezen

De lokatie van het warmteleverend apparaat in de woning wordt zodanig verondersteld dat mogelijke warmteverliezen niet ten goede komen aan de verwarming van de woning.

2.2 Moeilijke situaties

De keuze van een vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie is van invloed op de resulterende energiebesparing. Als algemene regel geldt dat bij voorkeur de gehele ZVI vervangen wordt door een zelfde apparaat, waaruit alle zonneënergiedelen zijn verwijderd.

Voorbeeld:

Het verwarmingssysteem put uit een voorraad warmwater in de ZVI en wordt niet direct verwarmd door een ketel. In het 'alternatief' wordt eenzelfde voorraad aangehouden, waaruit het verwarmingssysteem put. Wanneer deze voorraad een geheel vormt met de zonneënergie-opslag, wordt het ZE-deel van de voorraad 'verwijderd'.

Wanneer een ZVI een element toevoegt aan het verwarmingssysteem dat in een vergelijkbare methode van warmtelevering zonder zonneënergie niet kan voorkomen, wordt dit element als een integraal onderdeel van de ZVI beschouwd. Dit element komt dan ook niet voor in het alternatief zonder zonneënergie.

Voorbeeld:

Een ZVI voorziet alleen een extra radiator in de woonkamer van warmte. Voor het overige wordt een normaal verwarmingssysteem toegepast. Het alternatief omvat, qua verwarming, nu alleen het normale verwarmingssysteem (dus zonder extra radiator).

Woonlaag:	Hoogte [m]	Breedte [m]	Lengte ^{*)} [m]	Inhoud [m ³]
(1)	2,7	5,1	9,00	124
(2)	2,7	5,1	7,75	107
(3)	3,35	5,1	3,25	56

^{*)} gemiddelde lengte i.v.m. schuine dak

tabel 1 Afmetingen van de woning, inclusief de resulterende volumina.

Woonlaag:	Lokaties	Oppervlakte [m ²]	k-waarde raam/ZTA-waarde glas [W/m ² K/-]
(1)	Zuidgevel: raam	4,66	2,9
	glas	3,26	0,7
(2)	Noordgevel: raam	3,89	2,9
	glas	2,72	0,7
(3)	Zuidgevel: raam	3,91	2,9
	glas	2,74	0,7
(4)	Noordgevel: raam	2,77	2,9
	glas	1,94	0,7
(5)	Zuidgevel: raam	0,25	2,9
	glas	0,16	0,7

tabel 2 De afmetingen en specificaties van de ramen (kozijn & glas & deur). De ZTA-waarden zijn overgenomen uit ISSO, publikatie 2: "Zontroetredingsfactoren" voor dubbelglas.

3. REFERENTIETOEPASSINGSCONDITIES

3.1 Referentie woning

Als woning is gekozen voor de NOVEM "Referentie doorzonwoning" (zie figuur 1). De warmte-isolatiegraad wordt vastgesteld op het "huidige" type. Gekozen is voor een tussenwoning met een oriëntatie noord-zuid.

3.1.1 Afmetingen

De afmetingen van de woning zijn gegeven in ?

3.1.2 Ramen

De gegevens van de ramen zijn gegeven in ?.

3.1.3 Constructiegegevens

De gevels en het dak hebben een warmteweerstand van $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ (R_c). De zijwanden van de muren zijn adiabatisch (tussenwoning). De woning is in alle woonlagen voorzien van dubbele beglazing.

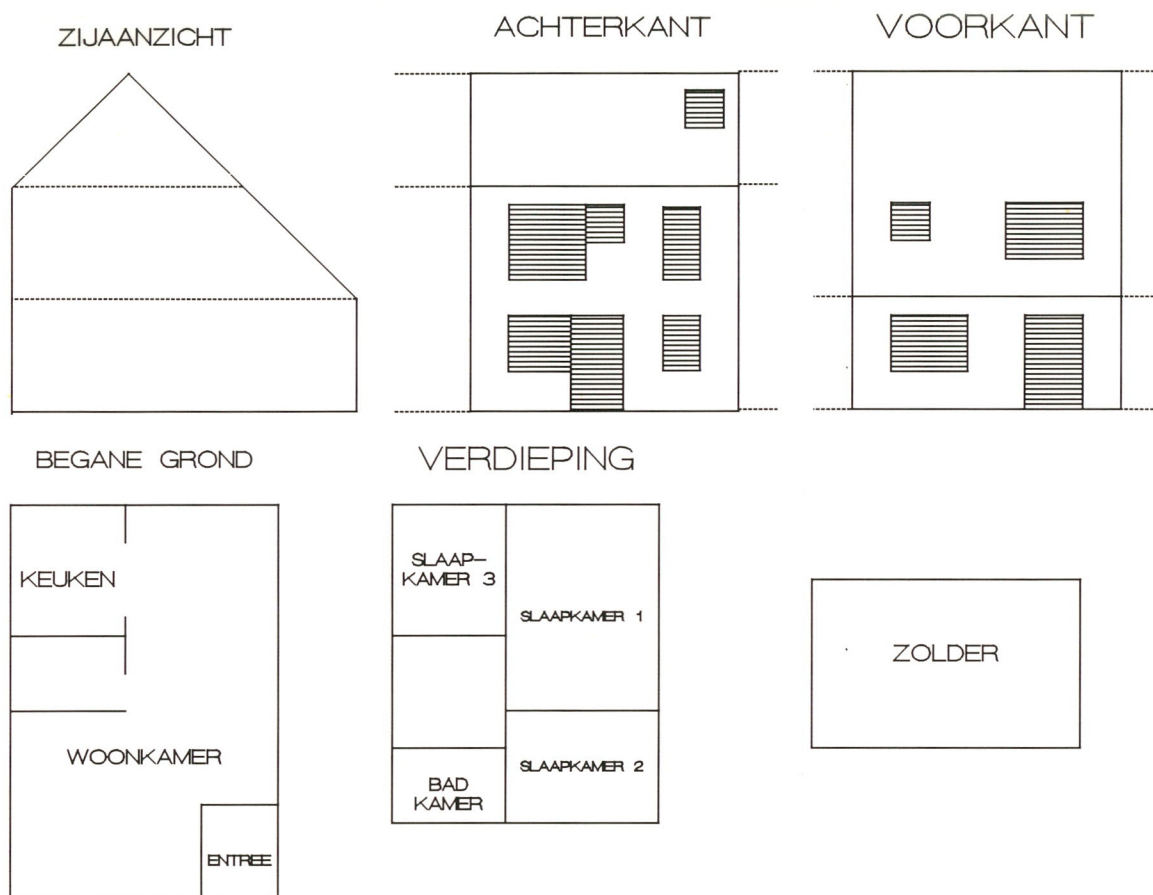
In ? zijn de constructiegegevens gespecificeerd.

3.2 Technische installaties

3.2.1 Verwarmingssysteem

Het verwarmingssysteem omvat de regeling en de methode van warmte-afgifte naar de woning. Het verwarmingssysteem wordt zodanig gekozen dat:

- inpassing mogelijk is in de in 3.2.2 t/m 3.2.3 vermelde overige installatie-onderdelen;



figuur 1 De NOVEM referentie doorzonwoning

- voldaan kan worden aan het in 3.3 vermelde bewonersgedrag;
- in algemeenheid een bewonerscomfort wordt gewaarborgd, zoals dit heden gebruikelijk is.

Gegeven deze definitie bestaat er een ruime mate van vrijheid in de keuze van het verwarmingssysteem. Een dergelijke brede keuze wordt gerechtvaardigd vanuit de praktijk waarbij verschillende verwarmingssystemen worden toegelaten.

De keuze van een verwarmingssysteem wordt bepaald door de eisen die de ZVI, voor een goed functioneren, hieraan stelt en de voorwaarden die gelden voor de referentiecondities. Binnen de randvoorwaarden die gelden met betrekking tot de referentiewarmtevraag (referentiewoning, installaties en bewonersgedrag) is de keuze van het verwarmingssysteem binnen zekere grenzen nog van invloed op de energiebesparing van de ZVI. Om de relatie tussen de energiebesparing en uitvoering van het verwarmingssysteem zeker te stellen, wordt geëist dat een globale omschrijving van dit verwarmingssysteem wordt opgenomen bij elke vermelding van de gevonden energiebesparing. Deze omschrijving dient in ieder geval een functionele omschrijving te bevatten en alle aspecten die betrekking hebben op de kostprijs en de inpasbaarheid van het verwarmingssysteem.

3.2.2 Ventilatie

De nuvolgende ventilatieparameters zijn berekend voor de referentiewoning conform het in de NEN 2686 gestelde.

De woning is, overeenkomstig de "Referentie Doorzonwoning", voorzien van mechanische luchtafvoer ten behoeve van de ventilatie. Bovendien wordt interne luchtstroming gedefinieerd tussen de woonlagen in de woning.

3.2.2.1 Mechanische afvoer

De mechanische afvoer kent twee standen; een hoogstand en een laagstand (70% van de hoogstand). Alleen de woonlagen (1) en (2) worden mechanisch geventileerd. Hierbij geldt dat 2/3 van het luchtdebiet op woonlaag (1) wordt onttrokken en 1/3 van het luchtdebiet op woonlaag (2) wordt onttrokken. De lucht volumestroom in de hoogstand wordt vastgesteld op 150 m³/h (NEN1087).

3.2.2.2 Luchtstromen intern en door de gebouwschil

De luchtdoorlatendheid van de gebouwschil wordt vastgesteld op 0,15 m³/h (NEN2686). De ventilatiestromen worden berekend voor:

- Buitenklimaatomstandigheden in de winter: temperatuur = 4,8 °C en windsnelheid is 3,4 m/s
- Binnentemperaturen (NEN5066): Woonlaag (1) = 20, (2) = 18 en (3) = 15 °C.
- Mechanische ventilatie in de laagstand
- De aanname dat bewoners geen gebruik maken van de toevoervoorzieningen voor ventilatie en ramen.

Aldus resulteert voor de natuurlijke ventilatie per woonlaag:

$$\text{Woonlaag (1): } 67,7 + 2,5 \times V_{\text{wind}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\text{Woonlaag (2): } 78,3 + 0,6 \times V_{\text{wind}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\text{Woonlaag (3): } 46,1 + 9,0 \times V_{\text{wind}} \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Voor de onderlinge ventilatie geldt:

$$\text{Van woonlaag (2) naar (1): } 42,5 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$\text{Van woonlaag (3) naar (2): } 49,0 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

De voornoemde factoren zijn berekend voor de uitgangscondities met het TNO-Bouw ventilatierekenmodel.

	Lengte [m]	Breedte [m]	Dikte [m]	Oppervlak [m ²]	Warmte- capaciteit [MJ/K]	α_i [W/m ² K]	α_o [W/m ² K]	α_r [W/m ² K]
Woonlaag 1: (begane grond)								
Vloer	9.00	5.10	0.06	45.90	4.627	4.00	10.00	5.68
Plafond	9.00	5.10	0.15	45.90	11.567	1.00	5.00	5.68
Z-binnen wand	2.70	5.10	0.10	9.11	1.530	4.00	0.44	5.68
N-binnen wand	2.70	5.10	0.10	9.88	1.660	4.00	0.44	5.68
Oost wand	2.70	9.00	0.10	24.30	4.082	3.00	0.00	5.68
West wand	2.70	9.00	0.10	24.30	4.082	3.00	0.00	5.68
Z-buiten wand	2.70	5.10	0.10	9.11	1.530	4.00	25.00	0.80
N-buiten wand	2.70	5.10	0.10	9.88	1.660	4.00	25.00	0.80
Woonlaag: 2 (1 ^e verdieping)								
Vloer	9.00	5.10	0.06	45.90	4.627	4.00	10.00	5.68
Plafond	6.50	5.10	0.15	33.15	8.354	1.00	5.00	5.68
Z-binnen wand	3.65	5.10	0.10	14.71	2.470	4.00	0.44	5.68
N-binnen wand	2.70	5.10	0.10	11.00	1.848	4.00	0.44	5.68
Oost wand	2.70	7.75	0.10	20.93	3.515	3.00	0.00	5.68
West wand	2.70	7.75	0.10	20.93	3.515	3.00	0.00	5.68
Z-buiten wand	3.65	5.10	0.10	14.71	2.470	4.00	25.00	0.80
N-buiten wand	2.70	5.10	0.10	11.00	1.848	4.00	25.00	0.80
Woonlaag: 3 (zolder)								
Vloer	6.50	5.10	0.06	33.15	3.342	4.00	10.00	5.68
Z-binnen dak	4.65	5.10	0.05	23.47	1.971	4.00	0.80	5.68
N-binnen dak	4.65	5.10	0.05	23.72	1.992	4.00	0.80	5.68
Oost wand	3.35	3.25	0.10	10.89	1.829	3.00	0.00	5.68
West wand	3.35	3.25	0.10	10.89	1.829	3.00	0.00	5.68
Z-buiten dak	4.65	5.10	0.05	23.47	1.971	0.80	25.00	0.50
N-buiten dak	4.65	5.10	0.05	23.72	1.992	0.80	25.00	0.50

tabel 3 Gegevens van wanden, vloeren en plafonds

α_i = de wamtettransportcoëfficiënt van de buitenzijde van de constructie

α_o = de wamtettransportcoëfficiënt van de binnenzijde van de constructie

α_r = de stralingswamtettransportcoëfficiënt van de constructie

3.2.3 Warmtapwatersysteem

Het warmtapwatersysteem moet onafhankelijk van het zanaanbod in staat zijn tot levering van tapwater op een temperatuur van $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$. Bij langdurige aaneengesloten perioden van warmtapwaterverbruik mag de temperatuur van het warmtapwater niet onder de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ zakken.

3.3 Bewonersgedrag

De operationele condities van de installaties in de woning en de door gebruik te beïnvloeden parameters worden per onderdeel vastgelegd.

3.3.1 Ruimtetemperaturen

De ruimtetemperatuur op woonlaag (1) is van 7 t/m 22 uur $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en in de overige uren $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. De ruimtetemperatuur op woonlaag (2) is van 7 t/m 22 uur $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ en in de overige uren $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Deze instellingen zijn gebaseerd op NEN5066 en NEN5128.

3.3.2 Ventilatie

Het gebruik van de ventilatie wordt gedefinieerd door 3 periodes van één uur per dag (voor koken en douchen op: 7, 12 en 18 uur) waarin de mechanische ventilatie in de hoogstand wordt gebruikt. In de overige uren wordt de laagstand toegepast.

In uur:	Gewenste ruimte- temperatuur [oC] per woonlaag:			Mechanische luchtafvoer [m3/h] per woonlaag:			Interne warmte- productie [W] per woonlaag:			Tapwaterverbruik:		In uur:				
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	Door- stroom toestel	Voorraad toestel					
										[ltr]	[MJ, 65 oC]					
0	15	15	Ge en	67	34	0	88	200	0			0				
1												1				
2												2				
3												3				
4												4				
5												5				
6												6				
7	20	18		100	50		350	0		36.7	7.67	7				
8				67	34							36.7	7.67	8		
9														9		
10														10		
11														11		
12				100	50									36.7	7.67	12
13				67	34									36.7	7.67	13
14										14						
15										15						
16										16						
17										17						
18				100	50		875	0		36.7	7.67	18				
19				67	34					36.7	7.67	19				
20												20				
21												21				
22												22				
23	15	15		88	200		23									
Ge m.	18	17	-	71	36	0	394	67	0	110	23	Ge m.				

tabel 4 Tijdsafhankelijke instellingen/taken van de woninginstallaties.

3.3.3 Interne warmteproductie

De interne warmteproductie wordt vastgesteld per woonlaag als:

- woonlaag (1): 23 t/m 6 uur 88 W, 7 t/m 16 uur 350 W en 17 t/m 22 uur 875 W
- woonlaag (2): 23 t/m 6 uur 200 W en 7 t/m 22 uur 0 W
- woonlaag (3): geen interne warmteproductie

De interne warmteproductie is gebaseerd op NEN5128, gegeven een verblijfsoppervlak van 35 en 25 m² op respectievelijk woonlaag (1) en woonlaag (2). De jaarlijkse interne warmteproductie, over een stookseizoen van 210 dagen, is 8400 MJ/jr.

3.3.4 Warmtapwaterverbruik

Het warmtapwaterverbruik wordt vastgesteld op 110 liter per dag met een koudwatertemperatuur van 15 °C en een gewenste taptemperatuur van 65 °C. De totale tapwaterbehoefte wordt evenredig verdeeld in 3 tapperiodes (8, 13 en 18 uur) aan het systeem onttrokken.

Het tapwaterdebiet wordt vastgesteld op 6 ltr/min voor doorstroomachtige warmwatertoe-stellen en 8 ltr/min voor voorraadtoestellen.

Wanneer het te testen systeem een warmwaterbereiding kent op de taptemperatuur wordt de equivalente warmtehoeveelheid van de tapwaterbehoefte aan het systeem onttrokken. Dit betekent een dagelijkse behoefte van 23 MJ.

Dit tapwaterverbruik is conform de definitie die geldt voor de gestandaardiseerde test voor zonneboilers.

3.4 Referentie omgevingsfactoren

3.4.1 Binnenklimaat

De binnen de woning geplaatste installatiedelen van de zonneverwarmingsinstallatie bevinden zich in een onverwarmd deel van de woning met een constante temperatuur van 15 °C.

3.4.2 Buitenklimaat

Ten behoeve van een definitie van het buitenklimaat wordt het TryDeBilt ⁶ gebruikt.

3.4.3 Opstelling collectoren

De collectoren worden op het zuiden gericht met een hoek van 50° met de horizontaal.

3.5 Warmtebehoefte van de woning

Volgens de definitie van het warmtapwatergebruik in 3.3.4 is de warmtevraag voor de warmtapwaterbereiding op jaarbasis 8,4 GJ/jr.

De warmtevraag van de woning kan gegeven de definities in hoofdstuk 3 slechts globaal worden opgegeven. Het gekozen verwarmingssysteem is namelijk van invloed op de warmtebehoefte van de woning. Als richtgetal kan een praktijk situatie met radiatorverwarming worden aangehouden. Hiervoor wordt een warmtebehoefte van 21 GJ/jr berekend.

Totaal komt dit globaal overeen met een gasverbruik van 1100 á 1200 m³/jr voor verwarming en warmtapwater.

4. VASTSTELLINGSMETHODEN REFERENTIE-ENERGIEBESPARING

4.1 Laboratoriumexperiment

4.1.1 Aanbevelingen voor de wijze van uitvoering

De referentie-energiebesparing kan experimenteel bepaald worden. Hiertoe wordt het referentie-energiegebruik (zonder zonneënergie) met een rekensimulatiemodel vastgesteld. Hiervoor gelden dezelfde eisen als bij een rekensimulatiestudie (4.1).

Voor de vaststelling van het energiegebruik door toepassing van de zonneverwarmingsinstallatie wordt een experiment ingericht. Het experiment dient de dynamische werking van de zonneverwarmingsinstallatie in al de mogelijke bedrijfssituaties te omvatten. Vervolgens worden de resultaten van het experiment omgerekend naar de referentie-toepassingscondities.

Aanbevolen wordt het experiment te baseren op een dynamische simulatie van de referentie-toepassingscondities. Door op deze wijze te experimenteren wordt de omrekening naar een volledig jaar van deze referentie-toepassingscondities aanzienlijk nauwkeuriger. Op deze wijze wordt slechts geëxtrapoleerd naar een langere tijdsperiode en een ander klimaatjaar.

In het laboratoriumexperiment moet rondom de binnenshuis geplaatste delen van de zonneverwarmingsinstallatie een constante temperatuur van 15 °C heersen. Het warmteverlies van de zonneënergie-opslagtank komt niet ten goede aan de verwarming van het huis. TNO-Bouw heeft voor een dergelijk experiment een testmethode beschikbaar ⁷.

4.1.2 De Systeem Test Methode (STF-methode)

De Systeem-Test-Methode (STF-methode) werd in 1985 ontwikkeld ter ondersteuning van het onderzoek en de ontwikkeling van zonneverwarmingsinstallaties (=ZVI). Het doel van de test was meervoudig:

- vaststellen of een nieuw ontwikkelde ZVI betrouwbaar in de praktijk kan functioneren;

- door interpretatie van het dynamisch systeemgedrag de sterke en zwakke punten van het ontwerp vaststellen;
- aanbevelingen formuleren ter verbetering van het systeemconcept;
- een schatting van de jaaropbrengst onder gebruikscondities maken.

Gegeven de stand van ontwikkeling van zonneënergie in die tijd was vooral het beoordelen van het ontwerp en het aangeven van mogelijke verbeteringen een belangrijk aspect. In de navolgende jaren zijn verschillende ZVI's op deze wijze geëvalueerd.

De jaaropbrengstschatting kende in dit werk een ondersteunende functie om de werkzaamheid van het ontwerp te toetsen; er was nog geen sprake van onderlinge vergelijking van de prestatie van verschillende concurrerende ZVI's. De methode van jaaropbrengstschatting werd gevalideerd voor de toen gangbare ZVI-concepten (collectoroppervlakten vanaf 10 m² en zonder geïntegreerde naverwarming) en voldoende bevonden. Het aspect eenduidige gebruiksomstandigheden is echter niet in de ontwikkelingen vervat. De gebruiksomstandigheden waarin de ZVI geprognostiseerd was, werd aangehouden in de test en de berekeningen.

In pincipe kan met de STF-methode de Referentie-energiebesparing experimenteel worden bepaald. Ten aanzien van de nauwkeurigheid van vaststelling gelden echter wel de volgende kanttekeningen, nl:

- (1) *De STF-methode is ontwikkeld in de veronderstelling dat het zonneverwarmingsinstallatie voornamelijk een bijdrage levert in de verwarming van de woning en tevens een bijdrage levert in de verwarming van het warmtapwater.*

Deze eis is een essentiële. In de jaaropbrengstberekening wordt er namelijk vanuit gegaan dat er een relatie bestaat tussen de warmtevraag en de buitentemperatuur en bovendien tussen de warmtevraag en de zonneënergie-opbrengst.

De relatie tussen warmtevraag en buitentemperatuur bestaat echter alleen voor de ruimteverwarming en niet voor de verwarming van het warmtapwater. Wanneer de bijdrage aan de ruimteverwarming groot is t.o.v. de warmtevraag voor warmtapwater is dit een beperkt probleem.

De relatie tussen de warmtevraag en de zonneënergie-opbrengst is over het algemeen duidelijk. De warmtevraag is echter samengesteld uit de warmtevraag van de ruimteverwarming en het warmtapwater. Wanneer de ZVI slechts marginaal bijdraagt aan de ruimteverwarming bestaat er geen sterke relatie tussen de warmtevraag voor de ruimteverwarming en de zonneënergie-opbrengst.

Bij hedendaagse zonneverwarmingsinstallaties is een duidelijke trend zichtbaar naar systemen met een relatief klein collectoroppervlak en een gecombineerde functie van ruimteverwarming en warmtapwaterverwarming. Het systeem is voorts zodanig vorm gegeven dat in eerste instantie zonneënergie wordt toegevoerd aan de verwarming van het tapwater. In algemene termen betekent dit dat zo'n ZVI tot ca. 4 m² voornamelijk een zonneënergiebijdrage aan de verwarming van het warmtapwater levert. Pas bij grotere collectoroppervlakken (>10 m²) is er sprake van een voornamelijk bijdrage aan ruimteverwarming. Dit heeft tot consequentie dat de STF-methode zich voor deze moderne systemen met een collectoroppervlak kleiner dan ca. 10 m² in een zeer ongunstig gebruiksdomein bevindt. De methode is voor zulke systemen niet gevalideerd en zal naar verwachting een slechte nauwkeurigheid te zien geven.

(2) *De STF-methode is gevalideerd voor ZVI's zonder geïntegreerde naverwarming.*

Nadat de STF-methode is geïmplementeerd zijn weliswaar testen uitgevoerd aan ZVI's met een geïntegreerde naverwarming maar dit gebruiksdomein is nooit gevalideerd. Voor een eenduidige opbrengstbepaling bestaat onzekerheid aangaande de nauwkeurigheid van de methode. Gegeven de systeemconcepten van eind jaren 80, met een totale zonneënergiebijdrage van ca. 30 á 35%, bestond er weinig reden tot twijfel aangaande de nauwkeurigheid op dit aspect. In essentie werd de geïntegreerde naverwarming in de methode ingepast door te kijken naar het verschil in toegevoerde warmte van CV-toestel met en zonder zonneënergie. Bij hedendaagse ZVI's is een zonneënergiebijdrage van 10 á 15% normaal. Hierdoor wordt het verschil in toegevoerde warmte van de CV-ketel met en zonder zonneënergie aanzienlijk verkleind bij een gelijkblijvende absolute fout. De nauwkeurigheid van het uiteindelijke resultaat heeft hier sterk door te leiden.

(3) *Een in de ZVI geïntegreerde gasbrander levert extra onnauwkeurigheden op.*

De prestatie van een zonneënergiesysteem wordt weergegeven als een energetische besparing. Doordat de gasbrander in de ZVI is geïntegreerd, kan niet direct worden vastgesteld welke warmte wordt geproduceerd. Gegeven een in een ander kader vastgestelde branderrendementsrelatie kan de warmte-opbrengst indirect uit het gasverbruik worden afgeleid. Hiermee wordt echter wel een extra fout in het uiteindelijk resultaat geïntroduceerd.

(4) *De STF-methode is niet in staat vanuit een eenmaal vastgestelde jaaropbrengst de opbrengst te bereken voor een zelfde systeem met een ander collectoroppervlak of opslagvolume.*

Bij de opbrengstvaststelling van een zonneboiler (DST) is dit een bestaande optie, die er toe leidt dat een leverancier niet voor elk type een complete test behoeft uit te voeren. Met de STF-methode is de optie niet bereikbaar en moet telkens opnieuw worden gemeten.

4.1.3 Aanbevelingen ten aanzien van het gebruik van de STF-methode

De bruikbaarheid van de STF-methode om de energetische prestatie van zonneverwarmingssystemen vast te stellen is beperkt.

In het algemeen wordt vastgesteld dat deze wijze van vaststelling de zogenaamde T^* -methode [9] niet kan vervangen; er kan niet gesteld worden dat de nauwkeurigheid van het eindresultaat voor alle voorkomende systeemconcepten voldoet aan de in dit kader gestelde eisen.

Een alternatieve experimentele methode voor het vaststellen van de opbrengst van een zonneverwarmingsinstallatie is nu nationaal noch internationaal beschikbaar. Internationaal worden er wel activiteiten voorbereid of ondernomen om tot een testmethode te komen. Naar verwachting zal dit resulteren in een methode die vergelijkbaar is met de DST-methode voor zonneboilers. De vastgestelde eenduidige definities en gebruiksomstandigheden zullen zodra een testmethode beschikbaar komt toegepast kunnen worden. Voorgesteld wordt deze internationale ontwikkelingen te volgen en zonodig in internationaal verband t.z.t. activiteiten te ontplooien.

De Referentie-energiebesparing, vastgesteld met de STF-methode, is bruikbaar in het produktontwikkelingsstadium om ontwerpuitgangspunten te verifiëren. Betrek bij de interpretatie van het eindresultaat echter wel de voorgaande vier kanttekeningen.

4.2 Rekensimulatiestudie

De gepresenteerde definities en referenties zijn uitstekend geschikt in het uitvoeren van rekensimulatiestudies, om een eenduidig resultaat te verkrijgen. Dat wil zeggen dat de resultaten vergelijkbaar zijn met eerdere studies met dezelfde definities en referenties.

Het rekenmodel dient de gekozen referentie-toepassingscondities, de zonneverwarmingsinstallatie en de alternatieve methode van warmte-opwekking op een dynamische en realistische manier te beschrijven. Bij de berekening wordt een rekentijdstap aangehouden die een realistisch regelgedrag waarborgt.

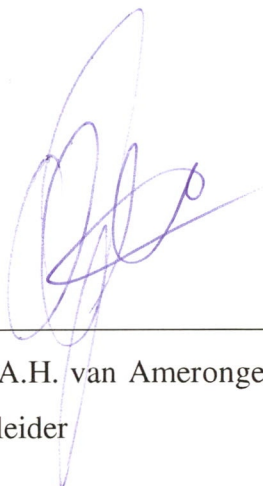
TNO-Bouw heeft hiertoe een rekenmodel ⁸ beschikbaar.

In een rekensimulatiestudie kunnen alle in deze publikatie gestelde eisen worden gerealiseerd.

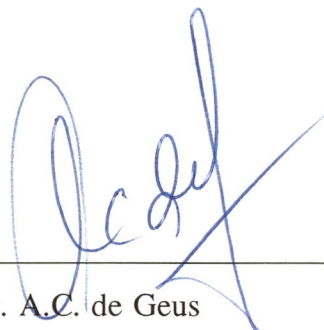
4.3 Praktijkexperimenten

Voor het vaststellen van de referentie-energiebesparing in een praktijkexperiment gelden dezelfde eisen als bij een laboratoriumexperiment (4.1.1).

Bij een dergelijk experiment kunnen echter nooit de referentie-toepassingscondities worden aangehouden. Bij een omrekening van de experimentele gegevens naar de referentie-toepassingscondities zullen door extrapolatie aanzienlijke grotere fouten worden gemaakt als bij een laboratorium experiment.



ing. G.A.H. van Amerongen
projectleider



ir. A.C. de Geus
sectiehoofd
Bouwfysica en Zonneënergie

Delft, december 1995

ANG1766.NOV (bnl)

LITERATUUR

- [1] Testprocedure ten behoeve van beschrijving kwaliteitsniveau zonneboilers
TNO-rapport: 93-BBI-R0339/1
12 maart 1993
drs. B.G.C. van der Ree

- [2] NEN1087
Ventilatie van woongebouwen. Eisen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1991, Delft

- [3] NEN5066
Warmteverliesberekeningen van gebouwen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1992, Delft

- [4] NEN2686
Luchtdoorlatendheid van gebouwen, Eisen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1988, Delft

- [5] Referentie Doorzonwoning
NOVEM, 1990

- [6] Test Reference Years TRY - weather sets for computer simulations of solar energy systems and energy consumption in buildings.
EUR 9765, CEC, Directorate General XII for science, Research and Development, Brussel en Luxemburg, 1985

- [7] W. Kowalczyk, G.A.H. van Amerongen, A.C. de Geus
House3 - A computermodel of a 3-room house
TNO Bouw, Rapport 94-BBI-R1755

- [8] Ontwikkeling STF-methode voor het testen van complete zonneverwarmingssystemen
 (eindrapportage)
 TNO-rapport: 614.032/033
 30 maart 1989
 ing. G.A.H. van Amerongen
 ir. A.C. de Geus
- [9] Procedure ter bepaling van de opbrengsttabel van zonnecollectoren
 TNO-rapport: 93-BBI-R0736/1
 21 juni 1993
 drs B.G.C. van der Ree, ing G.A.H. van Amerongen

1. Testprocedure ten behoeve van beschrijving kwaliteitsniveau zonneboilers
TNO-rapport: 93-BBI-R0339/1
12 maart 1993
drs B.G.C. van der Ree
2. NEN1087
Ventilatie van woongebouwen. Eisen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1991, Delft
3. NEN5066
Warmteverliesberekeningen van gebouwen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1992, Delft
4. NEN2686
Luchtdoorlatendheid van gebouwen, Eisen
Nederlands Normalisatie Instituut, 1988, Delft
5. Referentie Doorzonwoning
NOVEM, 1990
6. Test Reference Years TRY - weather sets for computer simulations of solar energy systems and energy consumption in buildings.
EUR 9765, CEC, Directorate General XII for science, Research and Development, Brussel en Luxemburg, 1985
7. Ontwikkeling STF-methode voor het testen van complete zonne-verwarmingssystemen (Eindrapportage)
TNO-rapport: 614.032/033
30 maart 1989
ing G.A.H. van Amerongen
Ir. A.C. de Geus
8. W. Kowalczyk, G.A.H. van Amerongen, A.C. de Geus
House3 - A computermodel of a 3-room house
TNO-Bouw, Rapport 94-BBI-R1755

BIJLAGE 1

**Inputfile voor het HOUSE3 rekenmodel zoals
in hoofdstuk 3 is beschreven.**

Uitvoer gelezen en berekende gegevens, KAMER 3

=====

Gegevens wanden, vloer en plafond

	Lengte (m)	Breedte (m)	Dikte (m)	Oppervlak (m ²)	Capacity (J/K)	Alfa-i W/m ² K	Alfa-o W/m ² K	Alfa-r W/m ² K
1.Vloer	6.50	5.10	.06	33.15	3341520.	4.00	10.00	5.68
2.Zuid-binnen dak	4.65	5.10	.05	23.47	1971060.	4.00	.80	5.68
3.Noord-binnen dak	4.65	5.10	.05	23.72	1992060.	4.00	.80	5.68
4.Oost wand	3.35	3.25	.10	10.89	1829100.	3.00	.00	5.68
5.West wand	3.35	3.25	.10	10.89	1829100.	3.00	.00	5.68
6.Zuid-buiten dak	4.65	5.10	.05	23.47	1971060.	.80	25.00	.50
7.Noord-buiten dak	4.65	5.10	.05	23.72	1992060.	.80	25.00	.50
Wandoppervlakte tot.				102.11 m ²				

Afmetingen glas en lijsten

	Hoogte (m)	Breedte (m)	Oppervl (m ²)	U-value:ZTA W/m ² K: -
Beglazing Zuid wand				
Glas+lijsten, raam 1	.25	1.00	.25	2.90
Allen glas, raam 1	.16	1.00	.16	.70
Totaal sponningen Zuid+Noord			.25 m ²	
Totaal glas Zuid+Noord			.16 m ²	

Ventilatie stromen

Volume van het vertrek	55.5 m ³
Nat. vent. kamer	46.1 + 9.0 * Vwind m ³ /h
Onderlinge vent. naar kamer 1	.0 m ³ /h
en naar kamer 2	49.0 m ³ /h

Uitvoer gelezen en berekende gegevens, KAMER 2

=====

Gegevens wanden, vloer en plafond

	Lengte (m)	Breedte (m)	Dikte (m)	Oppervlak (m2)	Capacity (J/K)	Alfa-i W/m2K	Alfa-o W/m2K	Alfa-r W/m2K
1.Vloer	9.00	5.10	.06	45.90	4626720.	4.00	10.00	5.68
2.Plafond	6.50	5.10	.15	33.15	8353800.	1.00	5.00	5.68
3.Zuid-binnen wand	3.65	5.10	.10	14.71	2470440.	4.00	.44	5.68
4.Noord-binnen wand	2.70	5.10	.10	11.00	1848000.	4.00	.44	5.68
5.Oost wand	2.70	7.75	.10	20.93	3515400.	3.00	.00	5.68
6.West wand	2.70	7.75	.10	20.93	3515400.	3.00	.00	5.68
7.Zuid-buiten wand	3.65	5.10	.10	14.71	2470440.	4.00	25.00	.80
8.Noord-buiten wand	2.70	5.10	.10	11.00	1848000.	4.00	25.00	.80
Wandoppervlakte tot.				146.61 m2				

Afmetingen glas en lijsten

	Hoogte (m)	Breedte (m)	Oppervl (m2)	U-value:ZTA W/m2K: -
Beglazing Zuid wand				
Glas+lijsten, raam 1	3.91	1.00	3.91	2.90
Allen glas, raam 1	2.74	1.00	2.74	.70
Beglazing Noord wand				
Glas+lijsten, raam 1	2.77	1.00	2.77	2.90
Allen glas, raam 1	1.94	1.00	1.94	.70
Totaal sponningen Zuid+Noord		6.68 m2		
Totaal glas Zuid+Noord		4.68 m2		

Ventilatie stromen

Volume van het vertrek	106.7 m3	
Nat. vent. kamer	78.3 +	.6 * Vwind m3/h
Onderlinge vent. naar kamer 1	42.5 m3/h	
en naar kamer 3	.0 m3/h	

Uitvoer gelezen en berekende gegevens, KAMER 1

=====

Gegevens wanden, vloer en plafond

	Lengte (m)	Breedte (m)	Dikte (m)	Oppervlak (m ²)	Capacity (J/K)	Alfa-i W/m ² K	Alfa-o W/m ² K	Alfa-r W/m ² K
1.Vloer	9.00	5.10	.06	45.90	4626720.	4.00	10.00	5.68
2.Plafond	9.00	5.10	.15	45.90	11566800.	1.00	5.00	5.68
3.Zuid-binnen wand	2.70	5.10	.10	9.11	1530480.	4.00	.44	5.68
4.Noord-binnen wand	2.70	5.10	.10	9.88	1659840.	4.00	.44	5.68
5.Oost wand	2.70	9.00	.10	24.30	4082400.	3.00	.00	5.68
6.West wand	2.70	9.00	.10	24.30	4082400.	3.00	.00	5.68
7.Zuid-buiten wand	2.70	5.10	.10	9.11	1530480.	4.00	25.00	.80
8.Noord-buiten wand	2.70	5.10	.10	9.88	1659840.	4.00	25.00	.80
Wandoppervlakte tot.				159.39 m ²				

Afmetingen glas en lijsten

	Hoogte (m)	Breedte (m)	Oppervl (m ²)	U-value:ZTA W/m ² K: -
Beglazing Zuid wand				
Glas+lijsten, raam 1	4.66	1.00	4.66	2.90
Allen glas, raam 1	3.26	1.00	3.26	.70
Beglazing Noord wand				
Glas+lijsten, raam 1	3.89	1.00	3.89	2.90
Allen glas, raam 1	2.72	1.00	2.72	.70
Totaal sponningen Zuid+Noord		8.55 m ²		
Totaal glas Zuid+Noord		5.98 m ²		

Ventilatie stromen

Volume van het vertrek	123.9 m ³	
Nat. vent. kamer	67.7 +	2.5 * Vwind m ³ /h
Onderlinge vent. naar kamer 2	.0 m ³ /h	
en naar kamer 3	.0 m ³ /h	


```
=====
==
==      CALCULATIONS CARRIED OUT USING "HOUSE3"
==      (THREE SEPARATED ROOMS)
==
=====
==
==  Buiten oppervlak woning   :   153.26 m2
==  Volume woning           :   286.17 m3
==  Gemiddelde K-waarde      :    .58 W/m2K
==  IT-waarde                :   15.23 -
==  Design transmission losses : 2530.26 W
==
=====
```

Installations used
=====

- Radiator heating

	Room 1	Room 2
Heat capacity:	130000.00 J/K	130000.00 J/K
Alfa*F :	200.00 W/K	200.00 W/K