



RAPPORT

HET WARMTEVERBRUIK IN ENIGE  
FLATWONINGEN AFGELEID UIT  
WARMTEMETERGEGEVENS EN  
GASVERBRUIK

AAN

Stichting Bouwresearch  
Postbus 20740  
Rotterdam

No: 300.209-3  
Afd.: Warmtetransport  
Behandeld: Ir. P. Euser  
Ing. K.Th. Knorr  
Datum: 12 februari 1974

<u>Inhoud</u>	<u>pag.</u>
1. Inleiding	2
2. Bouwkundige en warmtetechnische gegevens	3
3. Warmtemeterwaarden voor de seizoenen 69/70, 70/71 en 71/72	9
3.1 Verschillen in warmteverbruik in gelijke vertrekken en in gelijke woonlagen	9
3.2 Vergelijking van het warmteverbruik in de drie stookseizoenen	16
3.3 Nadere analyse van het woongedrag	19
4. Het warmteverbruik in het flatgebouw berekend op basis van seizoengemiddelde condities	21
4.1 Warmtebehoefteberekening volgens DIN 4701	21
4.2 Berekening van het warmteverbruik van het flatgebouw	22
4.3 Vermindering van het warmteverbruik door toepassing van dubbelglas	26
5. Samenvattende conclusies	27
5.1 Spreidingen in het warmteverbruik in overeenkomstige kamers	27
5.2 Woongedrag	27
5.3 IJkwaarde warmtemeters	27
5.4 Vergelijking warmtemeterwaarde/"DIN 4701"	28
5.5 Algemene conclusie	28
6. Resumé getalwaarden	29
6.1 Gegevens flatgebouw te Katwijk	29
6.2 Gegevens energieverbruik voor ruimteverwarming	29
Literatuur	30
Bijlage: Clorius warmteverdelingsmeters (certificaat)	31

## 1. Inleiding

Teneinde een inzicht te verkrijgen in het werkelijke energieverbruik voor verwarming in woningen, zijn voor enige flatwoningen de gegevens verzameld over het met behulp van warmtemeters gemeten relatieve warmteverbruik.

Voor elk van de gekozen flatgebouwen bevatten deze gegevens o.a. het relatieve warmteverbruik voor ieder vertrek van elke woning, bepaald met de op alle radiatoren aanwezige warmtemeters (fabrikaat Clorius) voor een geheel stookseizoen. Beschikbaar waren daarnaast de gegevens over het totale gasverbruik per gebouw en per seizoen.

Voor één van de flatgebouwen werden de gegevens nader uitgewerkt.

Verder werd aan de hand van deze gegevens nagegaan in hoeverre het mogelijk is een betrouwbare energieverbruiksrekening te doen volgens de methodiek van DIN 4701 (1959), op basis van de over het stookseizoen gemiddelde buitenluchttemperatuur, kamertemperaturen en ventilatie hoeveelheden.

De flatgebouwen waarvoor de gegevens werden verzameld, staan in de plaatsen Katwijk, Den Haag, Enschede, Dordrecht en Soest. Van het flatgebouw te Katwijk zijn de gegevens nader uitgewerkt.

De eerder genoemde warmtemetergegevens werden ons welwillend ter beschikking gesteld door de Technische Handelmaatschappij Warmtemeter B.V. te Schiedam.

2. Bouwkundige en warmtetechnische gegevens

In figuur 1 is de indeling van een woning van het flatgebouw te Katwijk geschetst, met vermelding van de hoofdafmetingen van de vertrekken.

De wandsamenstellingen en de daaruit afgeleide K-waarden zijn in het nu volgende vermeld.

Buitenmuur hoekwoning kamers 3 en 4:

22 cm kalkzandsteen	}	K = 1,3	W/m <sup>2</sup> .K
spouw			
11 cm baksteen			

Buitenmuur kamers 1, 2 en 3 (onder de ramen):

samengestelde panelen bestaande uit:

eternietplaat	}	K = 0,8	W/m <sup>2</sup> .K
PS-schuim			
hout			

Buitenmuur kamer 1 (niet onder raam):

11 cm kalkzandsteen	}	K = 1,6	W/m <sup>2</sup> .K
spouw			
baksteen			

Tussenmuur tussen kamers 1:

kalkzandsteen	}	K = 1,5	W/m <sup>2</sup> .K
spouw			
kalkzandsteen			

Muur grenzend aan trappenhuis - kamer 1, gang en kamer 6:

kalkzandsteen	}	K = 1,5	W/m <sup>2</sup> .K
spouw			
baksteen			

Buitenmuur kamer 6 (onder ramen):

samengesteld paneel met K = 0,8 W/m<sup>2</sup>.K

Buitenmuur kamers 4 en 5:

kalkzandsteen	}	K = 1,6	W/m <sup>2</sup> .K
spouw			
baksteen			

Tussenmuur kamers 4-5 en 2-3  
Tussengang 4, 5, 6, 1, 2, 3

} K = 1,85 W/m<sup>2</sup>.K

Tussenmuur kamers 1-2 en 5-6:

kalkzandsteen  
spouw  
kalkzandsteen

} K = 1,5 W/m<sup>2</sup>.K

Dakconstructie:

13 cm beton  
7 cm Schewillplaat  
3 cm grind

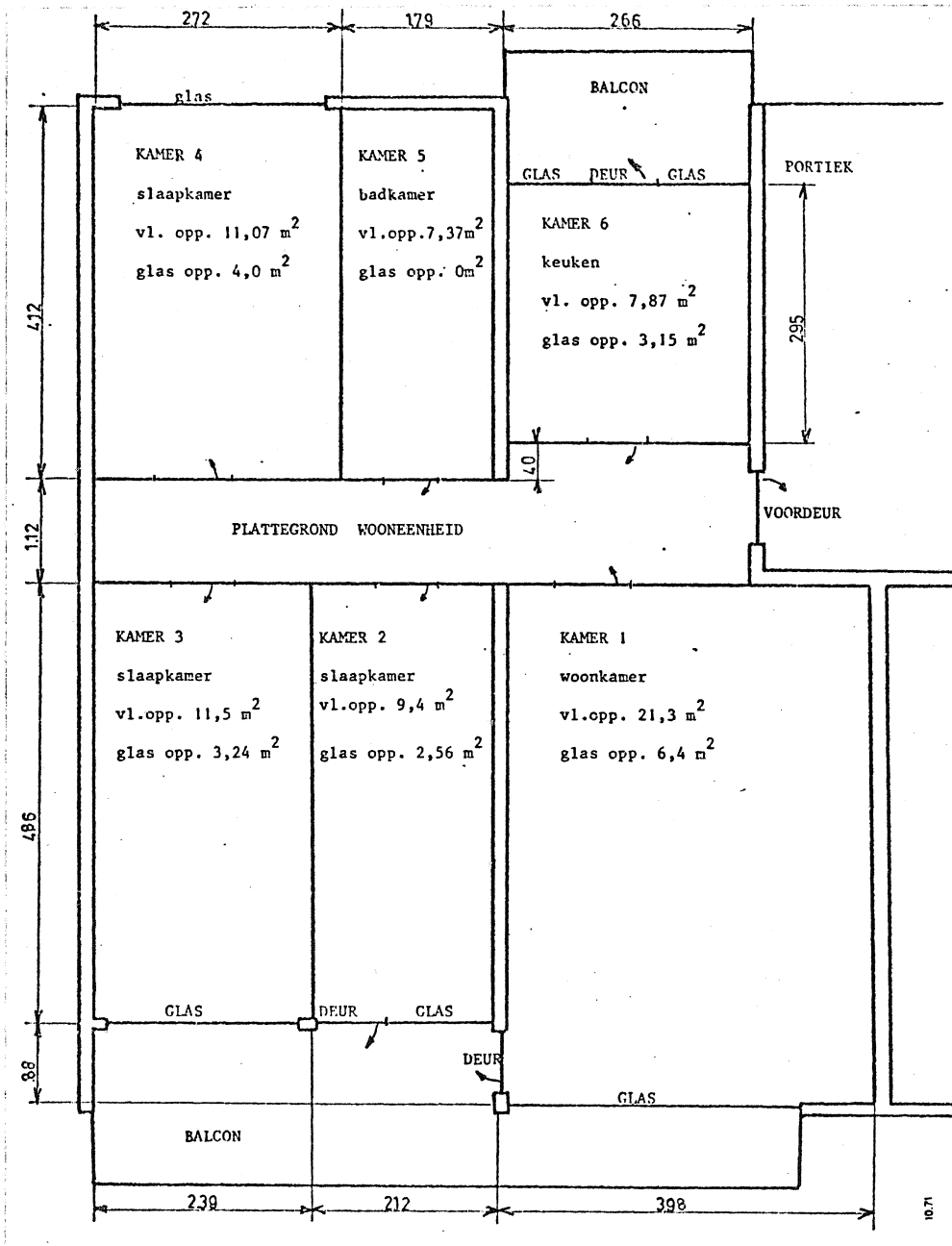
} K = 1,0 W/m<sup>2</sup>.K

Vloerconstructie:

15 cm beton  
zwevende laag

} K = 1,5 W/m<sup>2</sup>.K

Het flatgebouw heeft vier woonlagen. Elke woonlaag heeft 12 woningen. De woonkamers grenzen paarsgewijs aan elkaar. Geen van de woonkamers is een hoekvertrek.



Figuur 1. Plattegrond van de beschouwde flatwoningen

Figuur 2. Radiator afmetingen; plaats van de vertrekken.

4 173 x 50 2p	5 109 x 100 1p	6 62 x 80 3p		6 62 x 80 3p	5 109 x 100 1p	4 195 x 60 1p	
4 195 x 60 1p	5 88 x 100 1p	6 62 x 80 3p		6 62 x 80 3p	5 88 x 100 1p	4 173 x 50 1p	
4 195 x 60 1p	5 88 x 100 1p	6 62 x 80 3p		6 62 x 80 3p	5 88 x 100 1p	4 173 x 50 1p	OZO gevel
4 173 x 50 2p	5 109 x 100 1p	6 62 x 80 3p		6 62 x 80 3p	5 109 x 100 1p	4 195 x 60 1p	
kelder verdieping							

3 145 x 60 2p	2 87 x 50 3p	1 195 x 50 3p	1 195 x 50 3p	2 87 x 50 2p	3 195 x 50 1p	
3 195 x 60 1p	2 87 x 50 2p	1 195 x 50 2p	1 195 x 50 2p	2 87 x 50 2p	3 147 x 60 1p	
3 195 x 60 1p	2 87 x 50 2p	1 195 x 50 2p	1 195 x 50 2p	2 87 x 50 2p	3 147 x 60 1p	WNW gevel
3 145 x 60 2p	2 87 x 60 2p	1 195 x 50 3p	1 195 x 50 3p	2 87 x 60 2p	3 195 x 50 1p	
kelder verdieping						

In elk van de vertrekken van een wooneenheid - uitgezonderd in de gang en hal - is een radiator geplaatst. De grootte en het type van de radiatoren in de vertrekken is in figuur 2 (pag. 6) aangegeven.

Op elke radiator is een warmtemeter aangebracht, fabrikaat Clorius. Bij dit type warmtemeter wordt de hoeveelheid warmte, die de radiator over een zekere periode heeft afgegeven, bepaald uit de hoeveelheid verdampte meetvloeistof. De mate van verdamping is afhankelijk van de radiator-temperatuur.

Het doel van het aanbrengen van de warmtemeters is een grootheid te hebben die een maat is voor het warmteverbruik, teneinde het totale gasverbruik van het gebouw naar individueel verbruik te kunnen verdelen. De meters zijn voorzien van een schaalverdeling. De schaalwaarde is afgestemd op het type en de grootte van de radiator. De schaalwaarden die in dit gebouw worden toegepast zijn de volgende:

type radiator	schaalwaarde in WME/m <sup>2</sup>
éénplaatsradiator (1p)	28
tweeplaatsradiator (2p)	48
drieplaatsradiator (3p)	62

Voor de radiatoren in ongunstig gelegen vertrekken (dakverdieping, hoekvertrekken) worden correctiefactoren ingevoerd om te voorkomen dat bewoners die gelijke, doch verschillend gelegen wooneenheden hebben, geen extra verbruik door verschil in ligging in rekening wordt gebracht.

Om het werkelijke verbruik in kWh uit de warmtemeter-eenheden (WME) te kunnen bepalen, dienen de volgende gegevens bekend te zijn:

- de schaalwaarde van elk der radiatoren (zie boven);
- de eventueel toegepaste correctiefactoren (bekend uit de gegevens van de Warmtemeter B.V.);
- het rendement van de stookinstallatie.

De installatie is een z.g. doorstookinstallatie. De temperatuur van het ketelwater wordt overdag, zowel in de winter als in de zomer, afhankelijk van de buitentemperatuur geregeld. 's Nachts wordt de temperatuur van het ketelwater op een lagere waarde ingesteld dan overdag.



Bij de berekeningen is aangenomen dat het stookseizoen loopt van 1 september tot 1 juni (9 maanden).

Bij de omrekening van WME naar kWh is in eerste instantie uitgegaan van een stookrendement van 80%. Dit wordt voor de moderne, in 1969 in bedrijf gekomen (doorstook)installatie een aannemelijke uitgangswaarde geacht. De leidingverliezen zijn hierbij niet inbegrepen.

Uit de warmtemetergegevens (zie verder) is af te leiden, dat het leidingverlies in de kelderruimte voor een groot deel ten goede komt aan de eerste woonlaag. Voorts blijkt dat, indien alle radiatoren zijn afgesloten, er een verbruik optreedt overeenkomend met circa 1 WME op elke radiator. Via deze beginwaarde wordt het verbruik bij gesloten radiatoren in rekening gebracht.

Bij een geschat rendement van de installatie is nu het warmteverbruik in kWh voor elk vertrek van elke wooneenheid per stookseizoen uit de warmtemetergegevens af te leiden.

In tabel 1 zijn de omrekeningsfactoren vermeld. De spreiding bedraagt 3% en is kleiner dan de maximale spreiding van 5% die toelaatbaar wordt geacht en waaraan de warmtemeters kunnen voldoen (zie bijlage).

Tabel 1. De factoren voor de omrekening van warmtemeter-eenheden (WME) naar energie-eenheden.

stookseizoen	gasverbruik m <sup>3</sup>	gemeten WME	Wh/WME uur	gem.buitentemp. 1 sept.-1 juni
1969/70	141.304	5147	31,1	6,2 °C
1970/71	114.000	4043	31,7	7,7 °C
1971/72	109.060	4000	30,9	7,5 °C

### 3. Warmtemeterwaarden voor de seizoenen 69/70, 70/71 en 71/72

In de tabellen 2 t/m 7 (pag. 10 t/m 15) is voor elk van de zes vertrekken van elk van de woningen het warmteverbruik in WME gegeven voor de seizoenen 69/70, 70/71 en 71/72. Tevens zijn in deze tabellen vermeld de som van de verbruiken van gelijke vertrekken (vertreknummers) voor een gehele woonlaag, het gemiddelde verbruik van deze gelijke vertrekken, alsmede de standaarddeviaties.

Uit de gegevens van deze tabellen is het volgende af te leiden.

#### 3.1 Verschillen in warmteverbruik in gelijke vertrekken en in gelijke woonlagen.

De verschillen in het warmteverbruik in gelijke vertrekken (zelfde kamer-nummer, zelfde woonlaag) blijken vrij groot.

Vande totaal 54 gevallen is de standaarddeviatie:

- in 16 gevallen ongeveer even groot als het gemiddelde verbruik van de betreffende vertrekreeks;
- in 13 gevallen is de standaarddeviatie ongeveer de helft van het gemiddelde gebruik van de betreffende vertrekreeks;
- in 4 gevallen is de standaarddeviatie ongeveer een kwart van het gemiddelde verbruik van de betreffende vertrekreeks.

Deze onderlinge verschillen bij gelijke vertrekken zullen, daar de vertrekken dezelfde ligging hebben, voornamelijk zijn toe te schrijven aan verschil in woongedrag. Het temperatuurniveau kan verschillend zijn geweest. Men kan in verschillende mate hebben geventileerd met buitenlucht via geopende bovenramen. Bij aanmerkelijk verschillend temperatuurniveau in de vertrekken van een zekere wooneenheid zal men wellicht de woonkamerdeur meer gesloten houden dan bij even sterk verwarmde vertrekken, hetgeen de luchtdoorstroming van de woning beïnvloedt.

kamer	woon- laag													totaal	gemid- deld	standaard- deviatie
3	4	2,1	5,7	10,3	11,4	18,3	3,4	11,4	17,1	10,8	6,8	14,8	16,9	129,0	10,8	5,4
	3	17,8	4,8	1,9	1,9	17,1	2,1	1,0	1,0	4,3	1,9	3,8	15,7			
	2	1,2	1,0	9,5	5,0	5,7	20,0	1,9	1,7	3,3	10,5	4,8	16,9	154,8	6,5	6,3
	1	4,4	13,9	1,1	2,1	1,1	9,6	2,1	6,4	3,2	1,6	6,4	8,6			
														344,3		

2	4	13,0	17,0	5,7	39,6	7,9	5,1	17,0	3,4	4,5	4,5	7,9	13,6	139,2	11,6	10,1
	3	1,0	4,5	2,7	1,0	14,5	4,0	6,5	18,8	9,9	1,7	5,9	10,9			
	2	1,2	3,0	9,9	21,8	4,5	16,8	7,4	13,9	3,0	9,9	2,0	8,9	183,7	7,7	6,0
	1	4,4	10,5	1,7	3,9	8,9	3,3	3,3	6,7	1,1	1,9	6,1	4,4			
														379,1		

1	4	42,6	42,6	59,4	66,1	54,9	47,0	60,5	45,9	65,0	58,2	43,7	58,2	644,1	53,7	8,8
	3	50,7	50,7	36,1	26,3	48,8	41,9	42,1	48,8	45,8	30,2	57,5	31,2			
	2	39,0	28,3	35,1	33,2	50,7	42,9	40,0	41,0	49,7	55,6	15,6	41,9	983,1	41,0	10,1
	1	52,0	33,3	25,0	35,4	43,7	22,9	34,3	70,7	41,6	35,4	40,6	58,2			
														2120,3		

Tabel 2. Warmteverbruik flatgebouw te Katwijk, per vertrek, in warmtemeter-eenheden (WME).  
Kamernummers 1, 2 en 3. Stookseizoen 1969/70.

kamer	woon- laag													totaal	gemid- deld	standaard- deviatie
6	4	26,9	33,3	37,1	37,1	21,8	24,3	24,3	26,9	30,7	17,9	28,2	14,1	322,6	26,9	7,1
	3	31,3	5,4	25,9	20,5	22,7	25,9	30,7	31,3	19,4	21,0	27,0	27,0			
	2	16,2	12,4	20,5	13,5	11,9	18,4	13,0	15,1	14,0	19,4	14,0	14,0	470,0	19,6	6,9
	1	30,0	58,8	16,8	15,6	25,2	15,6	27,6	34,8	42,0	21,6	28,8	11,4	328,2	27,4	13,3
														1120,8		

5	4	6,0	27,9	15,7	44,5	10,7	9,5	19,0	19,1	17,8	5,1	5,1	10,2	189,6	15,8	11,4
	3	25,9	29,2	15,7	5,4	15,1	8,6	23,8	29,2	10,3	5,9	20,5	9,7			
	2	10,8	19,4	9,7	21,6	24,8	24,8	2,2	6,5	29,2	11,3	25,9	9,7	395,2	16,5	8,8
	1	26,2	7,1	2,4	6,5	36,9	26,2	27,4	16,7	8,9	29,8	27,4	17,9	233,4	19,5	11,1
														818,2		

4	4	30,8	1,2	4,6	16,7	8,6	4,0	4,6	1,7	4,6	11,5	6,9	41,6	136,8	11,4	12,6
	3	7,3	4,8	2,1	1,2	20,0	1,4	18,1	4,8	4,6	1,0	3,3	7,3			
	2	2,4	2,9	3,9	5,2	8,6	15,2	1,0	5,2	4,3	14,3	1,7	7,3	147,8	6,2	5,4
	1	8,0	10,4	3,3	14,2	7,6	8,7	1,9	8,2	5,5	2,2	4,9	4,6	79,5	6,6	3,6
														364,1		

Tabel 3. Warmteverbruik flatgebouw te Katwijk, per vertrek, in WME.

Kamernummers 4, 5 en 6. Stookseizoen 1969/70.

D

kamer	woon- laag													totaal	gemid- deld	standaard- deviatie
3	4	1,4	9,7	1,1	12,5	1,7	2,3	4,6	6,8	1,7	10,3	6,1	15,4	73,6	6,1	4,9
	3	5,8	1,4	1,5	1,4	5,6	1,9	1,0	1,9	2,9	1,2	1,4	11,5	87,2	3,6	3,3
	2	1,2	1,4	8,6	3,8	2,9	6,2	1,0	1,9	1,0	12,4	5,7	3,6			
	1	3,8	3,2	1,6	9,6	1,1	15,0	1,0	5,4	4,3	1,1	1,6	2,0	49,7	4,1	4,2
														210,5		

2	4	5,7	18,1	1,1	18,1	2,3	2,0	4,5	2,3	1,1	2,3	4,5	12,4	74,4	6,2	6,4
	3	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	5,0	4,5	1,0	6,9	10,9	84,1	3,5	3,0
	2	6,9	2,0	11,9	4,0	3,5	4,0	3,0	3,5	2,0	3,5	1,0	2,0			
	1	2,2	5,6	1,7	1,7	7,2	1,9	1,1	5,6	1,7	1,7	1,1	1,7	33,2	2,8	2,1
														191,7		

1	4	47,0	47,0	54,9	67,2	15,7	40,3	49,3	60,5	56,0	60,5	49,3	53,8	601,5	50,1	13,1
	3	52,7	54,6	33,2	11,7	44,9	37,1	23,4	37,1	44,9	31,2	56,6	31,2	918,0	38,3	12,0
	2	42,9	23,4	34,1	35,1	44,9	58,5	37,1	41,0	44,9	46,8	15,6	35,0			
	1	49,9	43,7	16,6	30,2	41,6	8,3	33,3	43,7	43,7	31,2	47,8	60,3	450,3	37,5	14,5
														1969,8		

Tabel 4. Warmteverbruik flatgebouw te Katwijk, per vertrek, in WME.

Kamernummers 1, 2 en 3. Stookseizoen 1970/71.

kamer	woon- laag													totaal	gemid- deld	standaard- deviatie
6	4	25,6	33,3	34,6	42,2	11,5	20,5	17,9	33,3	10,9	16,6	30,7	6,4	283,5	23,6	11,3
	3	13,0	25,9	22,7	13,0	11,9	10,8	30,2	29,2	14,6	9,7	15,1	11,9			
	2	1,6	10,8	17,3	8,6	1,6	16,2	7,6	11,9	18,4	10,8	15,1	16,2			
	1	34,8	45,6	4,8	9,6	26,4	5,4	26,4	4,2	45,6	12,0	31,2	4,8	250,8	20,9	16,0
														878,4		

5	4	3,8	26,7	16,5	41,9	7,6	7,6	8,9	17,8	7,6	3,8	5,1	11,4	158,7	13,2	11,3
	3	10,3	18,4	15,1	1,6	1,6	5,4	18,4	15,1	6,5	5,4	13,5	10,8			
	2	4,3	16,2	15,7	23,8	23,8	10,8	2,2	3,8	13,0	2,2	32,4	9,7			
	1	22,6	8,3	2,4	2,4	21,4	21,4	27,4	17,9	8,3	19,0	9,5	7,1	167,7	14,0	8,6
														606,4		

4	4	1,5	0,6	1,2	3,4	23,0	1,7	2,3	1,7	1,4	11,5	2,3	17,7	68,4	5,7	7,5
	3	4,2	1,0	1,0	1,0	1,9	1,9	3,8	3,8	1,0	1,0	1,9	6,1			
	2	3,6	6,7	2,9	2,9	1,9	2,9	1,0	2,9	5,7	3,8	1,0	1,2			
	1	4,0	6,5	8,7	5,5	5,5	2,2	6,5	4,9	3,3	1,4	1,6	2,6	52,7	4,4	2,3
														186,2		

Tabel 5. Warmteverbruik flatgebouw te Katwijk, per vertrek, in WME.

Kamernummers 4, 5 en 6. Stookseizoen 1970/71.

kamer	woon- laag														totaal	gemid- deld	standaard- deviatie
3	4	1,4	4,6	2,3	13,7	2,3	1,1	2,3	1,1	2,0	1,0	5,7	20,0	57,5	4,8	6,0	
	3	8,1	1,9	1,9	1,0	2,9	1,0	1,9	1,9	4,8	5,7	1,0	6,1	85,9	3,6	3,1	
	2	1,2	1,0	5,7	9,5	1,7	1,4	1,0	1,9	1,4	10,3	2,9	9,7				
	1	3,8	3,2	1,1	1,1	2,2	1,1	1,1	5,4	1,1	1,6	2,1	1,3	25,1	2,1	1,3	
														168,5			

2	4	5,7	7,9	1,7	3,4	1,4	1,7	3,4	2,8	1,1	12,4	5,1	14,7	61,4	5,1	4,5
	3	1,5	1,0	1,5	1,0	2,0	1,0	5,0	1,7	5,0	1,0	2,0	6,9	76,8	3,2	3,2
	2	6,9	1,0	14,9	9,9	1,0	2,0	1,0	1,5	1,0	4,0	1,0	3,0			
	1	3,3	5,6	7,8	1,1	10,0	1,1	1,1	5,0	3,3	1,1	1,1	2,2	42,7	3,6	3,0
														180,9		

1	4	14,6	58,2	53,8	56,0	16,8	42,6	42,6	44,8	58,2	65,0	40,3	53,8	546,7	45,6	15,9
	3	56,6	56,6	21,5	29,3	46,8	25,4	24,4	9,8	41,0	25,4	52,7	25,4	894,8	37,3	15,4
	2	42,9	24,3	29,3	37,1	62,4	66,3	34,1	37,1	48,8	46,8	9,8	41,0			
	1	60,3	39,5	20,8	33,3	33,3	29,1	35,4	39,5	62,4	27,0	41,6	60,3	482,5	40,2	13,8
														1924,0		

Tabel 6. Warmteverbruik flatgebouw te Katwijk, per vertrek, in WME.

Kamernummers 1, 2 en 3. Stookseizoen 1971/72.

10

kamer	woon- laag														totaal	gemid- deld	standaard- deviatie
6	4	19,2	34,6	30,6	16,6	15,4	12,8	17,9	30,7	9,0	12,8	28,2	14,1	241,9	20,2	8,6	
	3	13,0	22,7	23,8	23,8	17,3	14,0	37,8	27,0	13,0	7,6	21,6	32,4	435,4	18,1	9,1	
	2	29,2	7,6	26,3	9,7	2,2	3,8	21,6	7,6	16,2	18,4	19,4	19,4				
	1	3,6	45,6	14,4	6,0	26,4	3,6	24,0	42,0	10,8	14,4	24,0	7,8	226,6	18,6	14,2	
														903,9			

5	4	15,2	30,5	15,9	7,3	6,4	3,2	5,7	17,8	8,9	8,9	4,8	19,1	143,7	12,0	7,9
	3	14,0	3,2	17,3	4,3	5,4	1,6	21,6	10,8	5,4	6,5	9,7	6,5	237,1	9,9	6,9
	2	7,6	8,6	13,0	17,3	21,6	7,6	3,2	5,4	16,2	4,3	23,8	2,2			
	1	28,6	8,3	2,4	3,6	21,4	13,1	35,7	17,9	23,8	22,6	7,1	7,1	191,6	16,0	10,7
														572,4		

4	4	40,0	9,2	2,3	2,3	7,5	15,0	1,2	3,5	1,2	2,3	9,8	4,6	113,5	9,5	10,1
	3	7,3	1,9	1,4	1,4	1,0	2,1	1,0	15,2	1,9	2,4	1,0	1,0	83,0	3,5	3,3
	2	2,4	1,0	1,0	2,9	9,5	2,4	4,8	1,9	2,9	2,4	5,7	1,9			
	1	6,6	6,5	6,5	4,4	5,5	6,5	2,2	2,1	8,7	4,4	1,6	2,2	52,7	4,4	2,4
														249,2		

Tabel 7. Warmteverbruik flatgebouw te Katwijk, per vertrek, in WME.

Kamernummers 4, 5 en 6. Stookseizoen 1971/72.

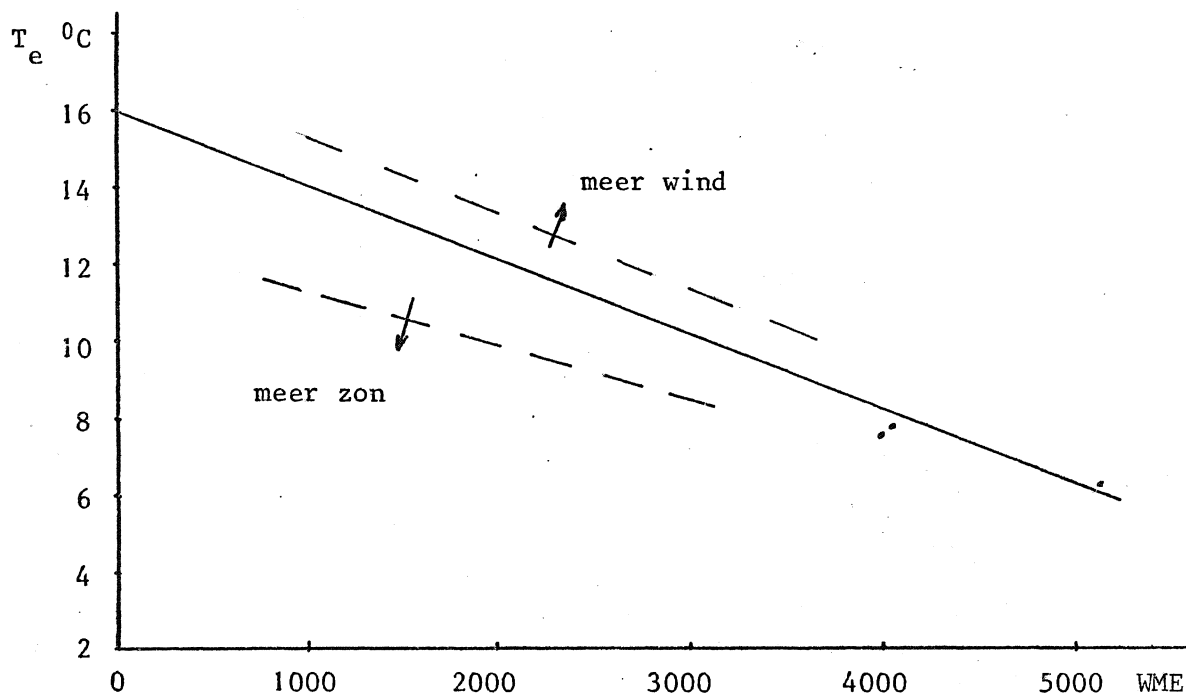


### 3.2 Vergelijking van het warmteverbruik in de drie stookseizoenen

Daar de correcties, die aan de warmtemeters zijn aangebracht ter compensatie van de verschillen in ligging, voor de beschouwde drie seizoenen gelijk zijn, kan zonder enige omrekening worden afgeleid hoe de warmtemeterwaarde voor elk van de vertrekken verloopt als functie van de seizoen-gemiddelde buitentemperatuur. Dit is eveneens mogelijk ten aanzien van het relatieve verbruik van bepaalde combinaties van vertrekken, en uiteraard zonder meer voor het totale energieverbruik op basis van het totale gasverbruik.

De gemiddelde verbruiken per stookseizoen per type kamer, zijn voor iedere woonlaag verschillend. Door de dakverliezen is het verbruik van de bovenste woonlaag groter dan de overeenkomstige verbruiken van de tussenwoonlagen. Dit is eveneens het geval bij de onderste woonlaag. Zoals later nog besproken zal worden, is het verschil in het laatste geval kleiner dan op grond van een transmissieberekening is te verwachten. Dit duidt erop dat de keldertemperatuur hoger is dan de bij transmissieberekeningen meestal aangehouden waarde van 12<sup>0</sup>C, hetgeen waarschijnlijk een gevolg is van de warmteafgifte door de leidingen. Bij vergelijking van de waarden voor dezelfde vertrekken - dit zijn de overeenkomstige waarden in de tabellen 1, 3 en 5 en in de tabellen 2, 4 en 6 - blijkt, dat ook hier per vertrek andere (grote) variaties een rol spelen. Deze zijn waarschijnlijk ten dele eveneens toe te schrijven aan het niet constante woongedrag (maar nu dus in hetzelfde vertrek van dezelfde woning). Anderzijds kunnen ook externe factoren een rol spelen, zoals verschil in aantal zonne-uren en verschil in windsterkte. Indien alleen externe factoren de oorzaak zouden zijn, zouden de jaarverschillen bij combinatie van vertrekken of voor het gehele gebouw, in sterke mate aanwezig blijven (niet geheel, omdat niet alle bewoners bijv. bij zoninstraling de radiatorventielen evenveel terugdraaien, zo al; men kan ook de ramen openen). Inderdaad blijkt, dat bij combinaties van vertrekken (tabel 8, pag. 18) en met name ten aanzien van het totale verbruik van het gehele gebouw, de relatie tussen verbruik en buitentemperatuur een eenduidig karakter krijgt.

Het verband tussen het totale verbruik van het gehele gebouw en de buitentemperatuur is in figuur 3 grafisch voorgesteld. Het aantal punten is voor een goede voorstelling eigenlijk te klein (72/73 en 73/74 kunnen nog volgen), niettemin is het verband duidelijk. Verbruik nul is verondersteld op te treden bij een gemiddelde (woonkamer, badkamer, slaapkamer) temperatuur van  $16^{\circ}\text{C}$ .



Figuur 3. Het seizoenverbruik als functie van de gemiddelde buitentemperatuur voor het beschouwde flatgebouw - globaal uit 3 jaarwaarden.

Meer zon per seizoen betekent een lager liggende kromme (bij hogere buitentemperaturen relatief meer zon), meer wind een hoger liggende (waarschijnlijk in eerste instantie evenwijdig meelopend).

Voor een algemene indruk kan dienen dat het gemiddelde gasverbruik voor ruimteverwarming per woning in dit flatgebouw als volgt was:

1969/70	2950 m <sup>3</sup>
1970/71	2370 m <sup>3</sup>
1971/72	2280 m <sup>3</sup>

stook- seizoen	woon- laag														totaal	gemid- deld	standaard deviatie
69/70	4	121,4	127,7	132,3	215,3	121,6	93,4	136,8	114,1	133,4	104,1	106,6	154,6	1561,3	130,1	31,4	
	3	134,0	99,2	84,4	50,9	138,2	83,9	122,1	133,7	94,3	67,7	118,1	103,8	2297,2	95,7	27,0	
	2	61,0	66,9	88,5	100,3	106,1	138,1	65,4	83,3	103,5	121,0	64,0	98,8				
	1	125,0	134,0	50,1	77,7	123,4	86,3	96,6	143,4	102,3	92,4	114,2	105,1	1288,7	108,0	26,1	
														5147,2			
70/71	4	85,0	135,0	109,4	185,4	61,8	74,4	87,5	122,3	78,8	105,0	98,2	117,1	1236,9	103,0	33,2	
	3	86,8	103,2	74,4	29,6	66,9	58,5	77,7	92,0	74,2	49,4	95,4	84,3	1764,2	73,5	17,1	
	2	60,5	60,5	90,3	78,1	78,4	98,6	51,6	64,8	71,2	79,3	70,7	67,8				
	1	117,3	112,9	35,8	58,9	103,2	54,2	95,8	119,3	106,8	66,4	92,9	78,5	1043,1	86,8	27,6	
														4043,1			
71/72	4	96,1	145,0	106,6	104,5	57,2	62,5	75,3	98,4	81,5	119,1	88,6	138,5	1173,3	97,8	27,3	
	3	100,3	87,5	67,3	60,2	76,5	44,0	105,8	53,1	71,4	42,3	87,6	82,7	1809,1	75,4	17,9	
	2	90,1	53,4	91,9	93,0	89,0	85,8	62,8	56,2	85,9	84,8	58,7	78,8				
	1	106,2	108,8	50,8	50,5	99,8	50,2	99,4	118,4	105,8	68,4	78,2	80,8	1017,3	84,8	25,1	
														3999,5			

Tabel 8. Warmteverbruik flatgebouw te Katwijk, per woning, in WME  
Stookseizoenen 69/70, 70/71 en 71/72.

### 3.3 Nadere analyse van het woongedrag

Bijvoorbeeld voor de slaapkamers kan men veilig stellen dat veel bewoners de radiatorventielen niet het gehele seizoen geopend houden en evenmin op gelijke temperaturniveaus stoken. Teneinde het verschil in woongedrag ten aanzien hiervan te kunnen uitdrukken, wordt ingevoerd de stooktijdfactor ST. De berekening van deze grootte, waarvan ook bij de in par. 4 te bespreken DIN-berekeningen gebruik is te maken, verloopt als volgt.

Per stookseizoen en per woonlaag (verzameling gelijkwaardige vertrekken) worden de verbruiken per vertrek vergeleken (zie tabel 2 t/m 7, bijv. alle dakvertrekken). Uit deze verbruiken wordt een hoge waarde gekozen. Verondersteld wordt dat in het betreffende vertrek het radiatorventiel gedurende het gehele seizoen is geopend. De relatieve waarde van dit warmteverbruik (afgekort RW) wordt 100% toegekend.

De overige verbruiken worden in groepen van ongeveer gelijk verbruik verdeeld, met afnemende RW : bijv. 75%, 50% en 25%. Elk van deze groepen bevat een zeker aantal verbruiken (vertrekken) n.

Is het totaal aantal vertrekken van de verzameling N, dan wordt de stooktijdfactor ST gedefinieerd door:

$$ST = \frac{n_{1,0} \cdot 1,0 + n_{0,75} \cdot 0,75 + n_{0,50} \cdot 0,50 + n_{0,25} \cdot 0,25}{N}$$

Om daarnaast een indicatie over extreem hoge verbruiken (dat is over 'extreem woongedrag') te verkrijgen, wordt een spreidingsfactor SP ingevoerd, als volgt gedefinieerd:

$$SP = \frac{\text{rekenkundig gemiddelde verbruik voor de verzameling N}}{\text{verbruik met RW} = 100\%}$$

In tabel 9 zijn de factoren ST en SP, berekend per groep gelijke vertrekken (1 t/m 6), voor de verschillende woonlagen en voor de drie stookseizoenen, vermeld.

Tabel 9. De uit de warmtemetergegevens afgeleide waarden voor de stooktijdfactor ST en de spreidingsfactor SP.

kamer nr.	woonlaag	1969-1970		1970-1971		1971-1972	
		ST	SP	ST	SP	ST	SP
1	4	1,0	1,0	0,94	0,96	0,83	1,00
	3 + 2	1,0	0,97	0,86	0,97	0,76	1,04
	1	1,0	1,03	0,85	0,96	0,85	1,05
2	4	0,56	0,68	0,37	0,39	0,34	0,39
	3 + 2	0,41	0,55	0,27	0,26	0,26	0,32
	1	0,42	0,36	0,25	0,24	0,33	0,54
3	4	0,50	0,48	0,38	0,36	0,31	0,28
	3 + 2	0,35	0,34	0,32	0,26	0,34	0,26
	1	0,35	0,28	0,35	0,29	0,19	0,16
4	4	0,55	0,54	0,30	0,32	0,37	0,59
	3 + 2	0,32	0,34	0,28	0,18	0,18	0,27
	1	0,37	0,39	0,45	0,31	0,34	0,37
5	4	0,67	0,63	0,55	0,53	0,46	0,60
	3 + 2	0,54	0,72	0,57	0,53	0,41	0,55
	1	0,58	0,88	0,63	0,67	0,62	0,73
6	4	0,77	1,49	0,68	1,12	0,25	1,26
	3 + 2	0,70	1,24	0,53	0,79	0,57	1,39
	1	0,69	1,69	0,71	1,10	0,60	1,24

Uit tabel 9 valt ondermeer af te leiden dat het woongedrag verandert. Dit komt het best tot uiting bij de woon- en slaapkamers.

In geval van de woonkamer wordt de stooktijdfactor elk seizoen lager, terwijl het gemiddelde verbruik minder daalt dan op grond van de gemiddelde buitentemperatuur is te verwachten. Niet onmogelijk is dat de bewoners een hogere binnentemperatuur zijn gaan instellen.

De stooktijdfactor voor de slaapkamers daalt eveneens, maar in tegenstelling tot de woonkamers daalt ook het verbruik meer dan op grond van de gemiddelde buitentemperatuur te verwachten is.

Dit laatste kan het gevolg zijn van minder ventileren of van een lagere ruimtetemperatuur.

4. Het warmteverbruik in het flatgebouw, berekend op basis van seizoen-gemiddelde condities

4.1 Warmtebehoefteberekening volgens DIN 4701

De Duitse norm DIN 4701 (1959)<sup>1)</sup>, resp. de Nederlandse versie van deze norm<sup>2)</sup>, geeft een methode voor de berekening van de warmtebehoefte in gebouwen en woningen. De methode is bedoeld om de warmtecapaciteit van verwarmingsinstallaties en de grootte van de verwarmingselementen in de vertrekken te kunnen berekenen. Daar de installatie ook onder extreme omstandigheden voldoende warmte moet kunnen leveren, wordt bij de berekening uitgegaan van vrij extreem lage buitentemperaturen (-10, -12°C, afhankelijk van het gebied) en worden nog verschillende toeslagen gehanteerd om te voorkomen dat de warmtecapaciteit niet toereikend zou zijn.

De berekening van de warmteverliezen valt uiteen in: het berekenen van de 'transmissieverliezen' door de wanden (buiten- en binnenwanden) en van de 'ventilatieverliezen' veroorzaakt door de luchtwisseling via de spleten en kieren in de buitenwanden.

De transmissieverliezen worden voor elke wandconstructie berekend volgens

$$I_T = \frac{A}{R_t} (T_i - T_o) \quad (W)$$

De eerder genoemde toeslagen op de warmteverliezen zijn de volgende:

$Z_U$  - voor installaties die niet continu in bedrijf zijn; het gebouw moet dan in de ochtenduren in korte tijd op de gewenste temperatuur worden gebracht.

$Z_A$  - ter compensatie van de sterke uitstraling naar koude vlakken; betekent dat een hogere vertrekluchttemperatuur bereikt moet kunnen worden.

$Z_H$  - een compensatie van extra warmteverliezen resp. opbrengsten als gevolg van de ligging van het gebouw (zoninstraling, nachtelijke uitstraling).

---

1) Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden.

2) Berekening Transmissieverlies, Verwarming en Ventilatie, augustus 1972, nr. 8.

Voor het berekenen van de spleet- en kierverliezen wordt de volgende formule gehanteerd:

$$I_{il} = \Sigma(a.l)_A \cdot R \cdot H \cdot (T_i - T_e) Z_E \quad (W)$$

waarin:

- a per m spleetlengte binnenkomende hoeveelheid buitenlucht in  $m^3/h$  bij een drukverschil van  $10 N/m^2$ ;
- l spleetlengte in m bij ramen en deuren waardoorheen buitenlucht kan binnendringen;
- $\Sigma(a.l)_A$  de totaal binnenkomende hoeveelheid buitenlucht door spleten en kieren in de gevel, bij een drukverschil van  $10 N/m^2$ ;
- R vertrekfactor die de verhouding aangeeft tussen de luchtdoorlatendheid van de binnendeuren en de ramen en deuren aan de leizijde enerzijds en de totale luchtdoorlatendheid van alle in het vertrek voorkomende ramen en deuren anderzijds;
- H woningfactor voor de omrekening van de binnenkomende luchthoeveelheden bij bepaalde winddrukverschillen (afhankelijk van ligging en windsnelheid) naar de hoeveelheid warmte die nodig is om die hoeveelheid lucht  $1,0^0C$  op te warmen;
- $T_i - T_e$  temperatuurverschil binnen/buiten;
- $Z_E$  toeslagfactor voor aaneensluitende ramen en deuren, die zich bevinden in twee verschillend georiënteerde naast elkaar gelegen gevels.

Deze methode kan ook worden toegepast voor het berekenen van het warmteverbruik over het stookseizoen, mits de gemiddelde condities voldoende bekend zijn. In het nu volgende zal de verbruiksberekening, gebaseerd op gemiddelde condities en volgens de DIN-methodiek, korthedshalve worden aangeduid als de methode volgens "DIN 4701".

#### 4.2 Berekening van het warmteverbruik van het flatgebouw

De methode is voor dit flatgebouw toegepast op basis van de gemiddelde buitenluchttemperatuur, betrokken op de periode van 1 september tot 1 juni, voor elk van de hier beschouwde 3 jaren.

Van de toeslagfactoren voor de transmissieverliezen is alleen de factor  $Z_H$  in rekening gebracht. Deze werd, afhankelijk van de ligging O (OZO) resp. +5% (WNW) verondersteld. De ventilatieverliezen zijn berekend uit de spleet- en kierverliezen. De vertrekfactor  $R = 1,0$  genomen, de woningfactor  $H = 0,53$ .

De berekening is uitgevoerd voor de woonkamers (vertrek nr. 1), daar hier de spreiding in de warmtemeterwaarden het kleinst bleek, en de beoogde vergelijking dan ook het meeste zin heeft.

Verondersteld is verder dat per stookseizoen het totale warmteverbruik  $Q$  als gevolg van de transmissieverliezen  $I_T$  en de ventilatieverliezen  $I_L$  is te benaderen door:

$$Q = (I_T + I_L) \cdot ST \cdot t_s \quad (\text{kWh})$$

waarin  $ST$  de stooktijdfactor en  $t_s$  het totaal aantal uren van het stookseizoen.

In de uitdrukking voor  $I_T$  werd de ruimtetemperatuur  $T_i = 20^{\circ}\text{C}$  gesteld. De temperatuur  $T_o$  werd bij de buitenwand gelijk aan de seizoen gemiddelde buitentemperatuur (tabel 1, pag. 8) genomen; bij de binnenwanden werd voor  $T_o$   $12^{\circ}\text{C}$  tot  $20^{\circ}\text{C}$  aangehouden, afhankelijk van de temperatuur in de aangrenzende ruimten.

De aldus verkregen uitkomsten zijn te vergelijken met de uit de warmtemeterwaarden af te leiden warmteverbruiken. Het rendement van de stookinstallatie is in eerste instantie 80% verondersteld, in enkele gevallen ook 70%.

De vergelijkbare waarden zijn weergegeven in tabel 10 (pag. 24).

De verbruiken zijn herleid tot de gemiddelde verbruiken per uur ( $W$ ).

Het verhoudingsgetal  $f$  is de verhouding tussen de warmtemeterwaarde en de berekende waarde.

Voor de woonkamers op de 4e woonlaag en voor het seizoen 69/70 is het warmteverbruik ook voor enige andere uitgangsgegevens berekend:

ventilatievoud 2x zo groot

rendement stookinstallatie 70%

buitentemperatuur  $7,5^{\circ}\text{C}$  i.p.v.  $6,2^{\circ}\text{C}$

kamertemperatuur  $24^{\circ}\text{C}$  i.p.v.  $20^{\circ}\text{C}$

temperatuur aangrenzende kamers  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$  en  $12^{\circ}\text{C}$

een gemiddelde zoninstraling van 150 W.

Het resultaat van deze uitkomsten is gegeven in tabel 11 (pag. 25).



Tabel 10. Het gemiddelde warmteverbruik per uur in de woonkamers van het flatgebouw te Katwijk, berekend volgens "DIN 4701" en bepaald uit de warmtemeterwaarden.

stook- seizoen	woonlaag	ST	gemiddelde warmteverbruik per uur, in W				f
			volgens "DIN 4701"			volgens warmte- meterwaarden	
			$I_T$	$I_V$	$I_{tot}$	$I_{tot}$	
69/70	4	1,00	1178	269	1447	1670	1,15
	3 + 2	1,00	820	269	1089	1275	1,17
	1	1,00	1130	269	1399	1278	0,91
70/71	4	0,94	1075	240	1315	1588	1,21
	3 + 2	0,86	755	240	995	1214	1,22
	1	0,85	1065	240	1305	1189	0,91
71/72	4	0,83	1087	244	1331	1409	1,06
	3 + 2	0,76	764	244	1008	1153	1,15
	1	0,85	1073	244	1317	1242	0,95

Gegevens: kamertemperatuur 20°C

temperatuur in aangrenzende kamers 15°C en 20°C

temperatuur in portiek 12°C

gemiddelde buitentemperatuur 6,2°C in 69/70

7,7°C in 70/71

7,5°C in 71/72

stookseizoen gerekend van 1 september tot 1 juni

ventilatie: R = 1 H = 0,53

1,1 luchtwisselingen per uur

rendement stookinstallatie 80%

leidingverliezen in warmtemeterwaarde opgenomen

interne warmteontwikkeling buiten beschouwing gelaten.

Tabel 11. Het gemiddelde warmteverbruik per uur in de woonkamers van de 4e (bovenste) woonlaag voor andere uitgangsgegevens. Stookseizoen 1969/70. Stooktijdfactor 1,00.

gemiddelde warmteverbruik per uur, in W			volgens warmte- meterwaarden $I_{tot}$	f	wijziging in uitgangsgegevens
volgens "DIN 4701"					
$I_T$	$I_V$	$I_{tot}$			
1178	269	1447	1670	1,15	geen
1178	538	1716	1670	0,97	ventilatievoud 2,2
1178	269	1447	1460	1,01	rendement stook- installatie 70%
1178	538	1716	1460	0,85	ventilatievoud 2,2 rendement stook- installatie 70%
1087	244	1331	1670	1,25	buitentemperatuur 7,5°C
1600	347	1947	1670	0,86	kamertemperatuur 24°C temperatuur aangrenzende kamers 20, 15 en 12°C
		1297	1670	1,29	gemiddelde zonbelasting van 150 W

Indien ook de beglazing in de slaapkamers en keukens zou worden vervangen door een dubbele beglazing (totaal 936 m<sup>2</sup>), zou een gemiddelde besparing op het totale verbruik van dit flatgebouw van 14% zijn te bereiken.

## 5. Samenvattende conclusies

### 5.1 Spreidingen in het warmteverbruik in overeenkomstige kamers

Uit de warmtemeterwaarden blijkt dat de spreiding in het warmteverbruik bij de slaapkamers, keukens en badkamers zeer groot is: de standaarddeviaties zijn vaak groter dan de gemiddelde waarde voor elk van deze kamertypen.

De spreiding in het warmteverbruik bij de woonkamers is kleiner, maar toch nog vrij aanzienlijk: de standaarddeviaties bedragen hier circa 35% van de gemiddelde waarde.

Deze spreidingen kunnen in belangrijke mate worden toegeschreven aan verschillen in woongedrag (ventilatie, kamertemperatuur).

### 5.2 Woongedrag

Uit de warmtemetergegevens kon vrij zeker worden afgeleid dat het woongedrag zich gedurende de beschouwde drie stookseizoenen moet hebben veranderd. Vermoedelijk is men in de woonkamers minder zuinig en in de overige kamers zuiniger gaan stoken. Minder zuinig stoken hoeft niet tot uitdrukking te komen in langere stooktijden; wellicht moet eerder aan hogere kamertemperaturen en/of sterkere ventilatie worden gedacht. Zuiniger stoken kan wel tot uitdrukking komen in gemiddeld kortere stooktijden.

### 5.3 Ijkwaarde warmtemeters

De spreiding in de ijkwaarde van de warmtemeters, die bepaald is aan de hand van de totale verbruiken over de drie stookseizoenen, bleek kleiner dan de door de fabrikant en door CTI-TNO opgegeven maximaal toelaatbaar geachte spreiding van 5%.

#### 5.4 Vergelijking warmtemeterwaarde/"DIN 4701"

Uit vergelijkende berekeningen bleek, dat het warmteverbruik berekend overeenkomstig DIN 4701 (onder invoering van bepaalde stooktijden en kamertemperaturen) in de hier beschouwde gevallen niet onbelangrijk lager ligt dan het uit de warmtemeterwaarden afgeleide gemiddelde verbruik (onder invoering van een zeker installatierendement). Voor de woonkamers op de tussenverdieping bedroeg de verhouding warmtemeterwaarde/DIN-berekening circa 1,2. Niet eenvoudig is om door variaties in de uitgangsgegevens, die uiteraard aannemelijk moeten zijn, tot betrouwbare conclusies te komen. Hier komt de onzekerheid door de grote spreiding in het gemeten verbruik over de verschillende (zelfde) kamers nog bij. Voor wat betreft de overige kamers zijn de onzekerheden dan ook nog groter.

#### 5.5 Algemene conclusie

Hoewel eindconclusies eerst kunnen worden getrokken als een analyse zoals hier besproken ook voor enige andere woningen zal hebben plaatsgehad, kan wellicht wel worden gesteld dat betrouwbare berekeningen over het warmteverbruik in woningen betrouwbare gegevens vereisen, zowel over de buitencondities (buitentemperatuur, zoninstraling, windsnelheid), als over het woongedrag (temperatuurniveaus, stooktijden, ventilatie).

Literatuur

Een belangwekkende publikatie over de invloed van de buitencondities op het energieverbruik voor de verwarming in gebouwen is:

W. Frank, Heizwärmeverbrauch und Aussenwanddämmung, Ges.-Ing. 93 (1972), p. 137.

Delft, 12 februari 1974

LJ

Technisch Fysische Dienst



Ir. P. Euser



Ing. K.Th. Knorr