

Jaarbalans op basis van uurlijkse meteorologische gegevens m.b.t. een eenvoudig model van kollektoren, warmteopslag en woonhuis

Citation for published version (APA):

Wolde, van, J. T. T., & Hoogen, van de, A. J. J. (1975). *Jaarbalans op basis van uurlijkse meteorologische gegevens m.b.t. een eenvoudig model van kollektoren, warmteopslag en woonhuis*. (EUT report. WPS, Vakgr. warmte-, proces- en stromingstechniek; Vol. WPS3-75.09.R243). Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1975

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Onderzoekproject:

ZONNE-ENERGIE VOOR HUISVERWARMING EN WARMWATERVOORZIENING.

Verslag van: JAARBALANS OP BASIS VAN UURLIJKSE METEOROLOGISCHE
GEGEVENS MET BETREKKING TOT EEN EENVOUDIG MODEL
VAN COLLECTOR, WARMTEOPSLAG EN WOONHUIS.

Samengesteld door:

J.T.T. van Wolde, met medewerking van A.J.J. van de Hoogen.

Eindhoven, augustus 1975.

A F D E L I N G W E R K T U I G B O U W K U N D E
V a k g r o e p W A R M T E - , P R O C E S - E N S T R O M I N G S T E C H N I E K

Rapport WPS3-75.09.R243

Jaarbalans op basis van uurlijkse meteorologische gegevens m.b.t. een eenvoudig model van kollektoren, warmteopslag en woonhuis.

SAMENVATTING.

Een eenvoudig computermodel van een zonne-energie klimaatinstallatie, zoals geprojecteerd voor het Eindhovense experimenteerhuis, is met behulp van uurlijkse nederlandse klimatologische gegevens doorgerekend.

Deze installatie bestaat uit een vloeistofkollektor van 50 m^2 , een kleine warmte-opslag van 5 m^3 en een luchtverwarmingssysteem.

Het betreft hier een stationair model, dat gezien de uurlijkse stappen van de meteorologische input voldoende nauwkeurig is.

Het doel van dit programma is: Een indruk te verkrijgen van de orde grootte van de relevante systeemp parameters bij een optimaal gebruik van de zon.

Ook is het van belang te weten wat de invloed is van de verschillende installatieonderdelen op de totale jaarlijkse benutte hoeveelheid zonne-energie.

Enige belangrijke resultaten van dit komputerprogramma zijn:

- De totaal jaarlijks benutte zonne-energie bedraagt voor de betreffende installatie 200 kWh per m^2 kollektoroppervlak (kollektor met minimum aan verliezen).*
- Bij een "kleine" warmteopslag van 3 m^3 water zou de zonne-energie installatie nog optimaal kunnen funktionieren.*
- Het procentuele aandeel van de zon op de totale energiebehoefte blijft voor een strenge en zachte winter gelijk.*
- De meeste zonne-energie wordt ingewonnen bij een stralingsintensiteit, geprojecteerd op de kollektor van 400 tot 600 W/m^2 .*
- Het economisch optimale oppervlak van de kollektor ligt tussen 50 en 70 m^2 .*

INHOUD

	<u>Blz.</u>
1. Inleiding	2
2. Zonnestraling op kollektor en huis	5
3. Model van de kollektor	8
4. Model van het opslagvat	13
5. Model van het huis	16
6. De dagbalans	19
7. Computerresultaten en conclusies	21
8. Het referentiejaar	26
Appendix	39
Symbolenlijst	47
Referenties	48

1. INLEIDING.

1.1. Algemeen.

Het doel van deze berekeningen is een globale indruk te krijgen van het aandeel dat de zonne-energie in het Nederlandse klimaat kan hebben met een zonne-energie verwarmingssysteem, zoals geprojecteerd voor het Eindhovense experimenteerhuis.

Omdat de KNMI-gegevens uurlijkse gemiddelde waarden bevatten is het naar de mening van de schrijvers weinig zinvol om een geperfectioneerd model toe te passen. Het model voor deze berekeningen is zeer eenvoudig en dynamische effecten kunnen niet geheel meegenomen worden. Daarom moeten de gegevens die vrijkomen hoofdzakelijk kwalitatief beoordeeld worden. Alleen bij een totaalbeoordeling van enkele maanden zou een kwantitatief beeld mogelijk kunnen zijn.

Deze berekeningen kunnen dienen om na te gaan waar de meeste aandacht aan moet worden besteed bij het ontwerpen van de verschillende installatie onderdelen.

Dit model kan gevolgd worden door een veel gecompliceerder dynamisch model waarin zoveel mogelijk invloeden worden meegenomen. Dan zullen echter ook de klimatologische gegevens beter gespecificeerd moeten zijn.

Kortom, deze berekeningen hebben slechts tot doel de ontwerper/onderzoeker een eerste indruk te geven.

1.2. Installatie.

De installatie is weergegeven in fig. 1.

Er is van uitgegaan dat de lezers op de hoogte zijn van het rapport "Zonne-energie voor huisverwarming en warmwatervoorziening" |1|.

Daarom noemen we hier alleen een paar belangrijke aspecten van de betreffende installatie.

Het door de zon verwarmde water stroomt vanuit de kollektor naar de opslag via een plastic "slurf" die het water automatisch naar de overeenkomstige temperatuur in de tank voert. Verder is als bijzonderheid een mantel aan de onderzijde van het opslagvat aangebracht om de ventilatielucht in de wintermaanden te verwarmen met het "laagste

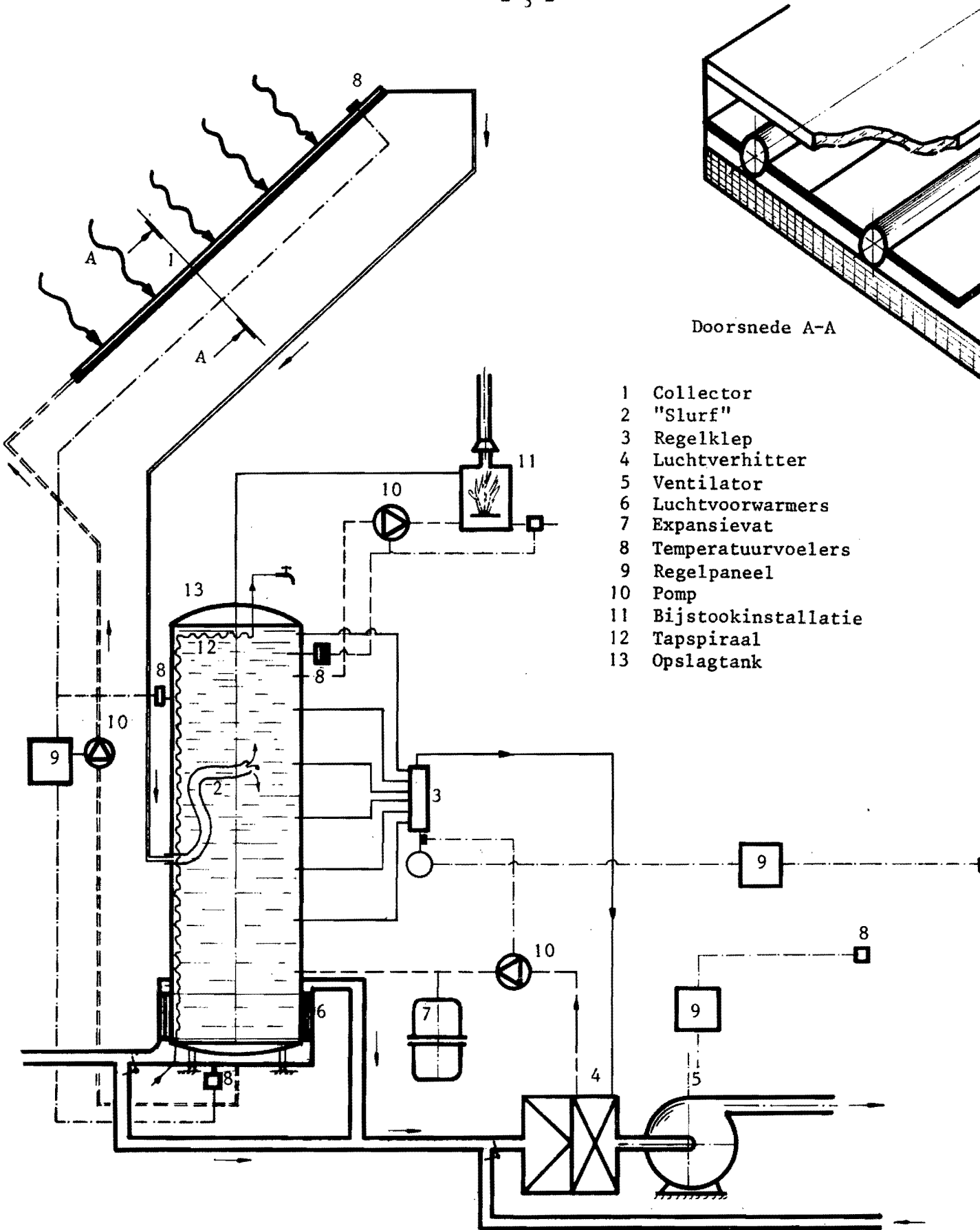


Fig. 1

Schema zonne-energie installatie voor huisverwarming.

temperatuurniveau", hetgeen resulteert in een lagere temperatuur onder in het opslagvat en daardoor een hoger kollektor rendement.

Bij de berekening is er van uit gegaan dat ieder aanbod van warmte door de kollektor t.o.v. het laagste temperatuurniveau in de opslag bruikbaar is voor de energievoorziening van het woonhuis.

Dit is in de praktijk zeker mogelijk door toepassen van een efficiënt werkend regelsysteem zoals aangegeven in fig. 1.

1.3. Vraagstelling.

Het komputerprogramma kan antwoord geven op de volgende vragen:

- Bij welke stralingsintensiteit moet de kollektor geoptimaliseerd worden?
- Is een kleine opslag van 5 m^3 wel efficiënt?
- Wat is het effect van de afkoeling van de onderzijde van de opslag?
- Wat is het aandeel dat de zon kan hebben in het nederlandse klimaat?
- Onder welke hoek van de kollektor winnen we de meeste zonne-energie?
- Welk kollektoroppervlak is het meest economisch?

In de hoofdstukken 7 en 8 zal op verschillende onderwerpen hiervan verder worden ingegaan.

2. ZONNESTRALING OP KOLLEKTOR EN HUIS.

2.1. De meteorologische gegevens.

Dit zijn uurlijkse gegevens die bestaan uit de buitentemperatuur, de globale straling en de zonschijnduur.

De globale straling moet opgesplitst worden in de direkte en diffuse straling om de berekeningen over de doorlating van het glas te kunnen maken.

Het opsplitsen van deze globale straling is mogelijk met behulp van de volgende regressie-formule |2|

$$\frac{I \text{ DIR}}{I \text{ TOT}} = A \times \text{zonduur} + B \times \text{zonduur} \quad (1)$$

De koëfficiënten A en B zijn afhankelijk van de zonshoogte.

Deze splitsingsmethode is niet nauwkeurig en er zijn afwijkingen van $\pm 100 \text{ W/m}^2$ mogelijk voor de direkte straling op het normaal-vlak.

2.2. Doorlating van de direkte straling (kollektor en ramen).

De doorlating als functie van de invalshoek (i) wordt gegeven door de volgende uitdrukking:

$$T(i) = \frac{1}{2} \left(\frac{t_t^2 a_g}{1 - a_g^2 r_t^2} + \frac{t_\ell^2 a_g}{1 - a_g^2 r_\ell^2} \right) \quad (2)$$

Daarin is:

T(i) de transmissiefactor voor een glazen plaat voor direkte straling.

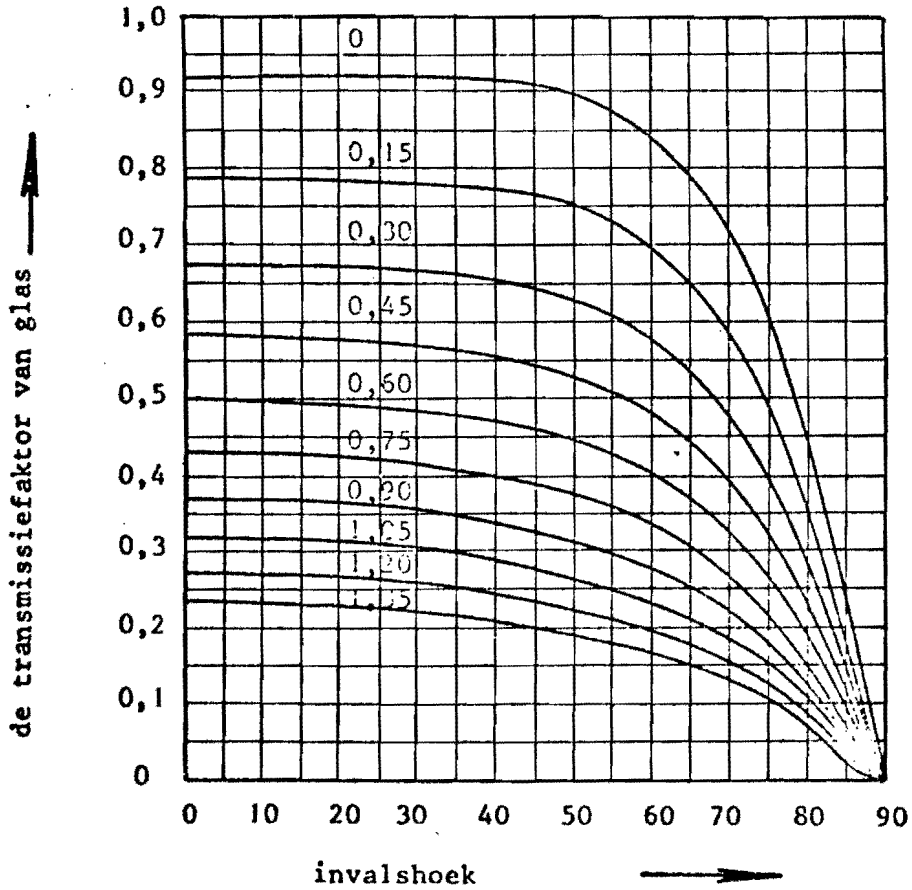
t_ℓ , t_t de resp. longitudinale en transversale transmissiefactor aan een glasvlak.

r_ℓ , r_t de resp. longitudinale en transversale reflektiefactor aan een glasvlak.

a_g de absorptiefactor voor licht in glas.

Deze grootheden t_ℓ , t_t , r_ℓ , r_t , a_g zijn nog afhankelijk van de

brekingsindices (lucht en glas), de dikte van het glas en de invalshoek. Voor afleiding van bovenstaande formule zie [2]. Figuur 2 geeft het resultaat van (2).



Figuur 2: De transmissiefactor van glas voor verschillende waarden van (αd) , afhankelijk van de invalshoek.

De waarde $a_1 d$ voor het glas van de kollektor is in dit geval voor glas van $d = 4 \text{ mm}$: $a_1 d = 0,07$

Hierin is a_1 de lineaire absorptiecoëfficiënt voor glas.

2.3. Doorlating voor diffuse straling.

Er wordt verondersteld dat er uit alle richtingen even veel diffuse straling afkomstig is.

Dan kan men deze doorlating bepalen door middeling toe te passen van de eigenschappen van glas voor direkte straling. De transmissie-, absorptie- en reflektiefactoren voor diffuse straling worden op deze wijze berekend (2).

De transmissiefactor t wordt dan gevonden door integratie van:

$$t = \frac{1}{\pi} \int_0^{\frac{1}{2}\pi} \sin i T(i) di \quad (3)$$

2.4. Straling op de gevels |3|.

Direkte straling op de gevel:

$$\text{DIRS}_{\text{gevel}} = I_n (\sin \alpha \cos H \cos(A_z - \text{GVLAZ}) + \cos \alpha \sin H) \quad (4)$$

Hierin is:

I_n de direkte straling vallende op het vlak loodrecht op de straling

α de hoek tussen gevel en het horizontale vlak

H de zonshoogte hoek

A_z de hoek tussen de azimuth en het zuiden

GVLAZ de hoek tussen de projectie van de normaal van de gevel op het horizontale vlak en het zuiden.

Diffuse straling op de gevel:

$$\text{DIFS}_{\text{gevel}} = I_{\text{DH}} \cos^2\left(\frac{1}{2}\alpha\right) \quad (5)$$

I_{DH} = diffuse straling op het horizontale vlak.

3. MODEL VAN DE KOLLEKTOR.

3.1. De kollektor.

Het model van deze kollektor wordt warmtecapaciteitsloos verondersteld. De installatie gedraagt zich ieder uur stationair. Om het uur vinden er stapvormige veranderingen plaats.

Een goed gekonstrueerde kollektor kan een tijdsconstante van $T_d = 5$ min. hebben. Vandaar dat de uurlijkse input op het hier gekozen model geen grote afwijking kan geven ten opzichte van dezelfde input op een dynamisch model.

Verder is deze kollektor "ideaal" verondersteld, dat wil zeggen de vloeistoftemperatuur is gelijk aan de absorptie oppervlak temperatuur. Dit is met een "roll-bond" kollektor goed te benaderen.

De warmtestroom in de z-richting (zie fig. 3) is veel groter dan die in de x- en y-richting en we verwaarlozen deze laatsten.

N.l. uitgaande van een gelijkmatige doorstroming in de plaat is $q_x'' = 0$. q_y'' is zeer klein i.v.m. de grote lengte van de kollektor $\frac{\Delta T}{\Delta y} = 4$,

hetgeen resulteert in $q_y \approx 3w$ voor de gehele kollektor.

Samengevat komt het bovenstaande op het volgende neer:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial q''}{\partial t} = 0 \quad (6)$$

$$q_x'' = q_y'' = 0 \quad (7)$$

$$T_o = T_v \quad (8)$$

De verliezen van de kollektor naar buiten $|4|$, $|5|$ (via de afdekplaat) zijn gelineariseerd waardoor de geabsorbeerde warmte eenvoudig te schrijven is als:

$$q'' = \eta q_z'' - C (T_o - T_b) \quad (9)$$

De faktor η is te vinden met behulp van de formules van hoofdstuk 2 en is afhankelijk van de reflectie, absorptie van het glas.

De faktor C is afhankelijk van de afdekplaat en de absorberende laag,

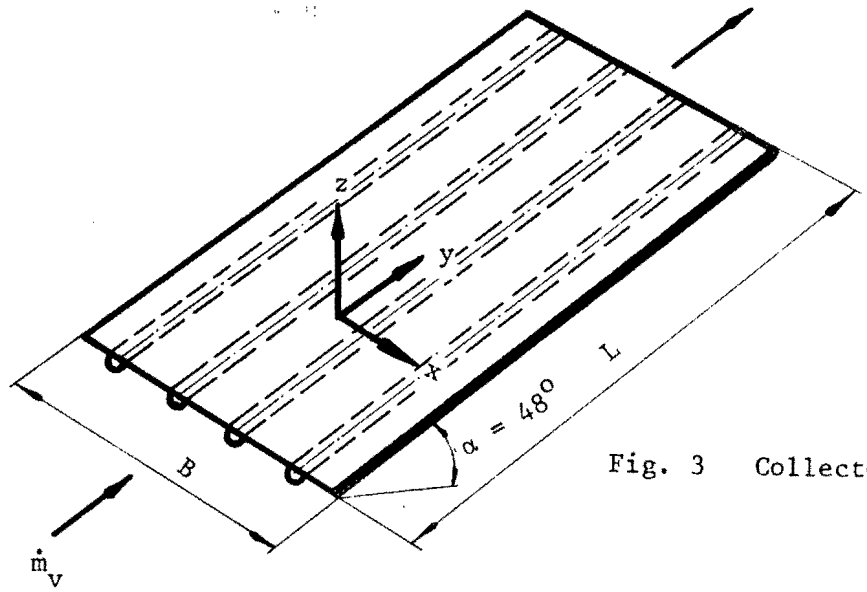
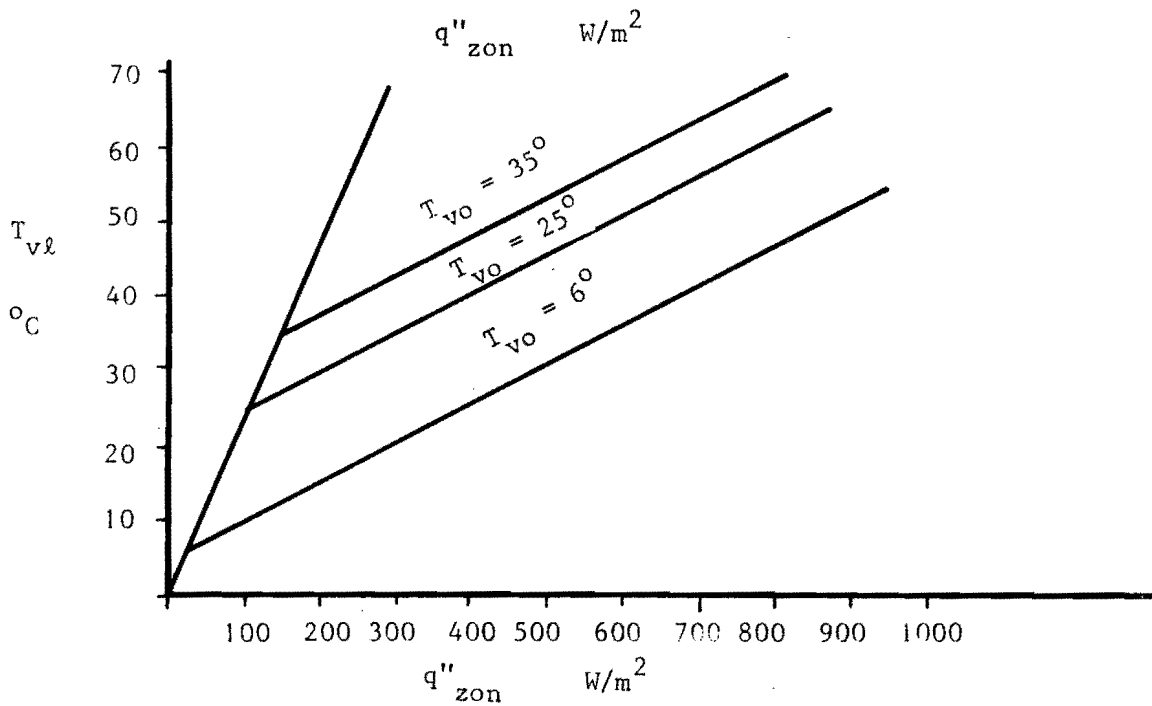
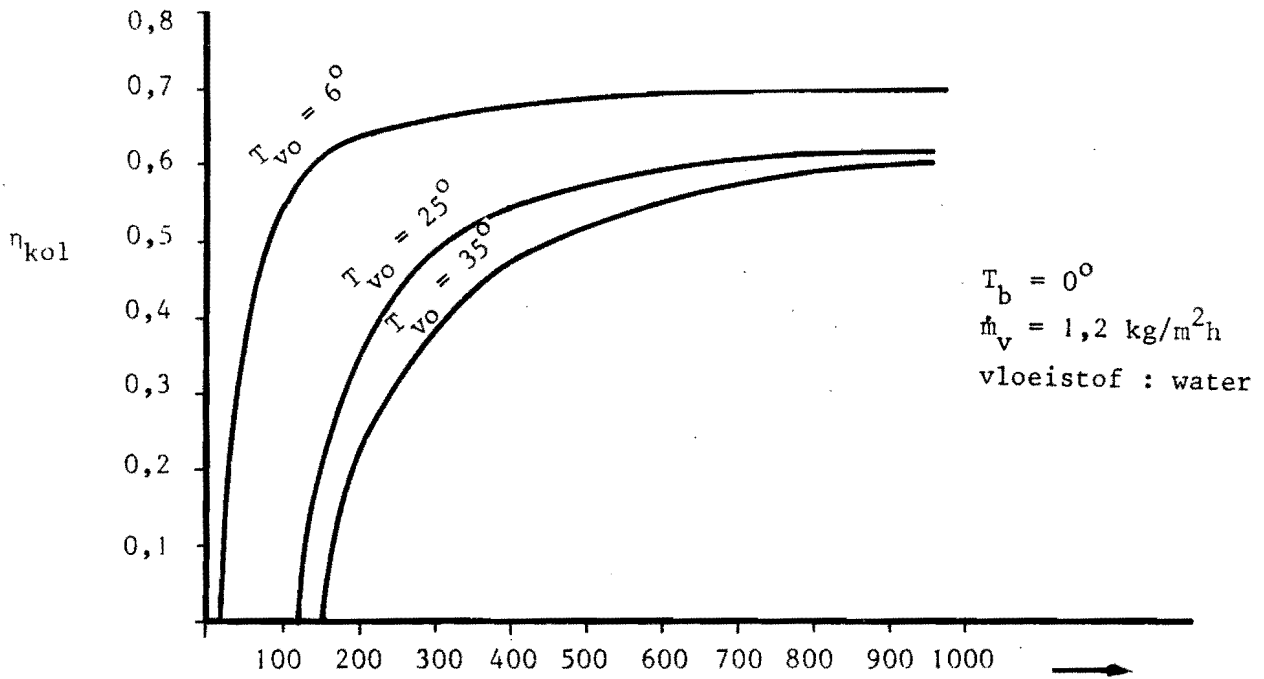


Fig. 3 Collector



Gedrag van de collector bij verschillende water toevoer temperaturen.

die in ons geval "spectraal selectief" verondersteld is, en van de randverliezen.

Spectraal selectief wil zeggen een absorptie koëfficiënt voor $\lambda < 2\mu$ van 0,9 en een emissie koëfficiënt voor $\lambda > 2\mu$ van 0,2 |6|.

De afdeklaag bestaat uit enkel glas.

Uit de warmtebalans van een elementje dy (zie fig. 3) volgt:

$$\frac{dT_v}{dy} = \frac{q_z'' B}{\dot{m}_v C_p} \quad (10)$$

Samen met (8) en (9) volgt hieruit:

$$\frac{\dot{m}_v C_p}{B.C.} \frac{dT_v}{dy} + T_v = T_b + \frac{\eta}{C} q_z'' \quad (11)$$

De randvoorwaarde is:

$$T_v(y=0) = T_{vo} \quad (12)$$

Dit is de temperatuur onder in het vat, die we gedurende ieder uur konstant veronderstellen.

De oplossing van de differentiaalvergelijking (11) wordt hiermee:

$$T_{v\ell} = (T_{vo} - T - \frac{\eta}{C} q_z'') e^{\frac{-BCL}{\dot{m}_v C_p}} + T_b + \frac{\eta}{C} q_z'' \quad (13)$$

$\frac{BCL}{\dot{m}_v C_p}$ is op te vatten als een kollektor konstante.

De temperatuur $T_{v\ell}$ is lineair afhankelijk van q_z'' , T_b en T_{vo} .

3.2. Aanslagpunt en kollektorrendement.

De totale door de kollektor opgenomen warmte bedraagt:

$$q = \dot{m}_c C_p (T_{v\ell} - T_{vo}) \quad (14)$$

Het kollektorrendement wordt gedefinieerd door:

$$\eta_{kol} = \frac{q}{q_z'' B L} \quad (15)$$

Dit resulteert met (13) en (14) in:

$$\eta_{kol} = \frac{\dot{m}_v Cp}{BL} \left(1 - e^{\frac{-BCL}{\dot{m}_v Cp}}\right) \left(\frac{T_b - T_{vo}}{q_z''} + \frac{\eta}{C}\right) \quad (16)$$

Ook wordt er wel een rendementsfaktor gedefinieerd voor de eigenschappen van de kollektor, gebaseerd op de intrede temperatuur T_{vo} |7|

$$q'' = F_R \{q_z'' \cdot \eta - C (T_{vo} - T_b)\} \quad (17)$$

Deze rendementsfaktor is dan:

$$F_R = \frac{\dot{m}_v Cp}{BLC} \left(1 - e^{\frac{-BCL}{\dot{m}_v Cp}}\right) \quad (18)$$

Het aanslagpunt wordt gevonden door $\eta_{kol} = 0$ te stellen.

Dit is de stralingsintensiteit waarbij de kollektor positieve warmte kan gaan leveren.

$$q_z'' \text{ (aanslag)} = \frac{C}{\eta} (T_{vo} - T_b) \quad (19)$$

Dit resultaat komt zoals verwacht overeen met (9) indien we $q'' = 0$ stellen.

Indien T_{vo} , T_b en \dot{m}_v konstant worden verondersteld dan is (16) te schrijven als:

$$\eta_{kol} = c_1 - \frac{c_2}{q_z''} \quad (20)$$

c_1 en c_2 zijn positieve konstanten.

In fig. 4 is η_{kol} uitgezet tegen q_z'' .

Een asymptotische waarde is $\eta_{kol} = \eta c_1$, terwijl het aanslagpunt ligt op $q_z'' = \frac{c_2}{\eta c_1}$.

Door deze grafiek is een duidelijk beeld te krijgen van de invloed van de aanvoertemperatuur T_{vo} , en dus van het effect van de afkoeling van de onderzijde van de opslagtank, op het kollektor rendement.

De kollektor van fig. 4 kan representatief geacht worden voor het experimenteerhuis, indien de kollektor optimaal functioneert.

Voorgaand model is in het computerprogramma verwerkt.

De aanvoertemperatuur T_{vo} is afhankelijk van de toestand van het opslagvat. Hierover in het volgende hoofdstuk meer.

4. MODEL VAN HET OPSLAGVAT.

4.1. Inleiding.

Op grond van een experiment aan de THE en een theoretisch model [8] is aan te nemen dat de temperatuurvereffening in het opslagvat zeer traag verloopt.

Deze veronderstelling is de basis voor het ontwerp van het opslagvat: o.a. een zelfregelend toevoersysteem vanuit de kollektor en de afkoeling van de onderzijde van het opslagvat door middel van verse lucht [1].

De aanvoerwater temperatuur vanuit het opslagvat naar de kollektor wordt gedurende de eerste pompuren van een dag lager waardoor het kollektor rendement stijgt (zie fig. 4).

4.2. Warmtewisseling aan de onderzijde van het vat (zie fig. 8).

De onderste laag van het opslagvat wordt in de winterperiode met lucht afgekoeld.

Als de kollektor niet in bedrijf is (gedurende de nacht) zal er bij benadering een exponentiële afkoeling plaatsvinden.

$$T = \bar{T}_b + (22 - \bar{T}_b) e^{-\frac{1}{\tau} t} \quad (21)$$

\bar{T}_b is hier de gemiddelde buitentemperatuur.

Indien deze afkoeling 16 uur duurt, dan is de eindtemperatuur 's ochtends:

$$T_e = 0,78 \bar{T}_b + 4,7 \quad (22)$$

Dit is dan nog aan de pessimistische kant, in verband met lagere temperatuur in de ochtenduren.

De afleiding hiervan is te vinden in de appendix.

4.3. Temperatuurverdeling van het opslagvat.

Een goed model voor het opslagvat is zeer gekompliceerd, omdat het

vertikale temperatuurverloop afhankelijk is van meerdere onafhankelijke variabelen, o.a. watertoevoertemperatuur, warmtelast huis met de daarbij behorende vereiste watertoevoertemperatuur, buitentemperatuur in verband met de afkoeling aan de onderzijde en de circulatiesnelheden in de tank t.g.v. de kollektorpomp en de verwarmingspomp.

Verder is de plaats waar het water toe- of afgevoerd wordt, van groot belang.

Daarom proberen we het gedrag van dit vat fenomenologisch te beschrijven, om daarvan uit een akseptabel model af te leiden.

Een en ander is in de appendix omschreven.

W_{\max} is de warmte-inhoud van het opslagvat, berekend van 22° tot 80°C en T_{vo} is de toevoertemperatuur naar de kollektor.

Deze toevoertemperatuur krijgt de volgende waarden:

1) Als $W < \frac{1}{2} W_{\max}$

indien het aantal pompuren per dag $K \leq 2$ dan:

$$T_{\text{vo}} = 0,78 \bar{T}_b + 4,7$$

als $K > 2$ dan:

$$T_{\text{vo}} = 22^{\circ}\text{C}. \tag{23}$$

2) Als $W > \frac{1}{2} W_{\max}$

indien het aantal pompuren per dag $K \leq 2$ dan:

$$T_{\text{vo}} = 0,78 \bar{T}_b + 4,7$$

als $K > 2$ dan:

$$T_{\text{vo}} = 22 + 2 (W - \frac{1}{2} W_{\max}) / V C_w \tag{24}$$

We laten de temperatuur T_{vo} dan lineair oplopen naar 80°C als functie van de warmte-inhoud van de opslag.

3) In de zomermaanden vervalt de afkoeling aan de onderzijde van het vat omdat er anders teveel warmte naar de woning gevoerd wordt.

Alleen (23) en (24) gelden dan nog.

Achteraf bleek dat deze benadering (24) alleen in de overgangsperioden afwijking kan gaan opleveren, want in de winterperiode is de warmte-inhoud van deze "kleine opslag" kleiner dan $1/5 W_{\max}$.

Als de opslag geheel vol is, o.m. in de zomer, dan is de berekening van het kollektor rendement niet interessant meer, omdat de kollektor met deze opslag van 5 m^3 vaak buiten bedrijf gaat. De maximale temperatuur is dan bereikt.

Het overgangsgebied van een lege naar een volle opslag neemt ongeveer één maand van het gehele jaar in beslag. Deze benadering zal daarom geen grote invloed hebben op de jaarbalans.

5. MODEL VAN HET HUIS.

5.1. Uitgangspunten.

Ook het huis wordt warmtecapaciteitsloos verondersteld. De invloed van deze warmtecapaciteit is echter niet te verwaarlozen. Uit een studie van de afdeling Bouwkunde THE blijkt, dat in de praktijk de benodigde hoeveelheid warmte gunstiger uitvalt dan in het model.

Er zijn posten, zoals zon-instraling, die veel later doorwerken en daarom over 24 uur berekend worden.

Om al deze dynamische effecten zoveel mogelijk te compenseren, wordt achteraf na een dag de warmtebehoefte van het huis vergeleken met de geleverde warmte door de kollektor.

Interne warmtebronnen komen in het volgende hoofdstuk aan de orde.

5.2. Verliesposten.

1) Het transmissieverlies.

Het uurlijkse verlies is:

$$q_{\text{trans}} = \sum_i \text{opp}_i \cdot K_i \cdot (20 - T_b) \quad (25)$$

opp_i en k_i zijn respectievelijk de oppervlakte en de K-waarde van wand i

De transmissieverliezen van het kollektordak zijn zeer klein in verband met een zeer goede isolatie. Deze isolatie bestaat uit 12 cm glasvezel en 2 luchtpouwen. In de winter zal het verlies ten goede komen aan de verwarming van het huis, als de kollektor in bedrijf is. Ook indien de plaattemperatuur onder het aanslagpunt ligt, zal dit verlies gereduceerd worden. 's Nachts is dit niet het geval. Daarom is een equivalent oppervlak met $K = 0,4$ bij de zuidgevel opgeteld in dit programma.

2) De door de wanden geabsorbeerde zonnestraling.

$$q_{z \text{ abs}} = \sum_i \text{absc}_i \cdot K_i \cdot R_{\text{bu}} \cdot \text{Opp}_i \cdot q''_{z i} \quad (26)$$

R_{bu} is de warmteweerstand van de wand naar de buitenlucht
 absc is de absorptiecoëfficiënt
 $q''_z i$ is de stralingsintensiteit op de i^e wand.

3) De door de ramen doorgelaten zonnestraling.

$$q_{z \text{ door}} = \sum_i opp_i \cdot q''_{z \text{ door } i} \quad (27)$$

$q''_{z \text{ door } i}$ = doorgelaten stralingsintensiteit van wand i .

De berekening van deze doorlating is overeenkomstig de methode in hoofdstuk 3 omschreven.

De volgende tabel geeft een overzicht van de wanden van het experimenteerhuis.

	K = 0,4 Muur	K = 0,4 Dak 48°	K = 3,2 Raam
Zuid	31,9 m ²	20,75 m ²	13,9 m ²
Oost	42,84 m ²	24,9 m ²	9,22 m ²
Noord	43,87 m ²	55,9 m ²	10,04 m ²
West	54,06 m ²	38,6 m ²	7,14 m ²
	<hr/> 172,67 m ²	<hr/> 140,15 m ²	<hr/> 40,30 m ²

4) Het ventilatieverlies.

Voor dit experimenteerhuis is uitgegaan van 300 m³/h verse lucht. Dit zou in de praktijk gereduceerd kunnen worden tot + 200 m³/h.

Door ongecontroleerde posten, zoals de natuurlijke ventilatie, wordt de balans ten ongunste beïnvloed. Daarom houden we de ventilatie in dit geval aan de ruime kant en hopen daarmee ook het verlies door natuurlijke ventilatie te dekken.

$$q_{vent_i} = \dot{m}_l C_{p_l} (20 - T_b) \quad (28)$$

5.3. De totale warmtebehoefte.

Per dag wordt de totale warmtebehoefte:

$$q_{\text{huis}} = \sum_{i=1}^{24} (q_{\text{trans}_i} + q_{\text{vent}_i} - q_{z \text{ abs}_i} - q_{z \text{ door } i}) \quad (29)$$

Indien q_{huis} en andere posten, zoals warmteproductie door elektriciteit, over 24 uur kleiner worden dan nul, zodat er dan eigenlijk koeling nodig is, dan zijn ze in dit programma verwaarloosd, omdat er alleen verwarmd wordt. Deze warmte komt dan niet ten goede aan de opslag.

$$q_{\text{tot}} = q_{\text{huis}} + q_{\text{el}} + q_{\text{rest}} < 0 \text{ dan } q_{\text{tot}} = 0$$

$q_{\text{tot } i} < 0$ kan toch ten goede komen aan de verwarming van het huis, omdat deze posten veel later doorwerken. De warmte die overdag teveel is, compenseert de nacht vanwege de traagheid. Dit speelt vooral in de zomermaanden een grote rol.

6. DE DAGBALANS.

6.1. Algemeen.

De volgende posten oefenen invloed uit op de energiebalans:

- Ingevangen zonne-energie.
- Transmissieverlies woonhuis
- Zon-instraling woonhuis.
- Warmteproduktie door elektriciteit.
- Warmteproduktie door personen.
- Verlies door kunstmatige ventilatie.
- Verlies door natuurlijke ventilatie.
- Warmte nodig voor tapwater.
- Warmte die vrijkomt bij het tappen van warm water.
- Warmte die vrijkomt bij het koken.

Zoals eerder vermeld zijn er posten die veel later doorwerken, b.v. zon-instraling woonhuis, elektrische verlichting etc. Daarom is het niet gewenst deze in de uurbalans voor de kollektor en de opslag te nemen. In werkelijkheid compenseert de overdag in de zomermaanden opgevangen zonne-energie door de ramen de behoefte gedurende de nacht. Daarom is het komputerprogramma als volgt georganiseerd:

- a) Een (achteraf) dagbalans waarmee we later doorwerkende posten kunnen compenseren.
- b) Een uurbalans om de invloed van de verschillende posten op het kollektorrendement te laten tellen.
- c) Een aparte zomer berekening, omdat als de totale benodigde warmte $q_{\text{tot}} < 0$ is, er posten zijn, zoals de warmwatervoorziening, die niet meer ten goede van het huis komen. Het vat wordt aan de onderzijde niet meer afgekoeld.

6.2. De volgende posten zijn nog niet gespecificeerd:

De warmteproduktie door elektriciteit.

In de winter is dit verbruik $1\frac{1}{2}$ maal zo groot geraamd dan in de vijf zomermaanden |1|.

Het totale jaarverbruik is gesteld op 3650 Kwh |1|.

Dit resulteert in: 11,6 Kwh per dag in de 7 wintermaanden

8 Kwh per dag in de 5 zomermaanden

Zoals eerder omschreven hangt het van de 24-uur balans af of deze warmte ten goede komt aan de verwarming.

De warmteproduktie door personen.

Gerekend is met een gemiddelde aanwezigheid van 1½ persoon per dag.

Dit geeft 3,6 Kwh per dag warmte-ontwikkeling.

Warmte nodig voor het tapwater.

Deze warmte wordt ook aan de opslag onttrokken en geeft in de zomermaanden een gunstig effect op het aandeel van de geleverde warmte door de zon.

Jaarlijks is gerekend met 3000 Kwh, hetgeen resulteert in een dagelijks verbruik van 8,3 Kwh.

In de wintermaanden komt 4,5 Kwh hiervan aan verwarming ten goede, omdat dan warmte via de gootsteen etc. in het huis dissipeert.

Warmte die vrijkomt bij het koken.

Omdat er een afzuigkap in de keuken geprojecteerd is, die onregelmatig gebruikt wordt, is het moeilijk te bepalen hoeveel warmte van het gaskomfoor in het huis terecht komt. In ons programma nemen we aan dat het extra ventielatieverlies, geïntroduceerd door de wasemkap, gekompenseerd wordt door het gaskomfoor.

7. KOMPUTERRESULTATEN EN KONKLUSIES.

7.1. Algemeen.

Het in de voorgaande hoofdstukken omschreven model is voor een aantal jaren doorgerekend met behulp van een komputer:

- Jaar met strenge winter '62/'63
- Jaar met zachte winter '67/'68
- Referentiejaar (op te vatten als een soort gemiddelde jaar)
- Referentiejaar zonder afkoeling aan de onderzijde van het opslagvat.

Het resultaat hiervan is in de volgende tabel samengevat:

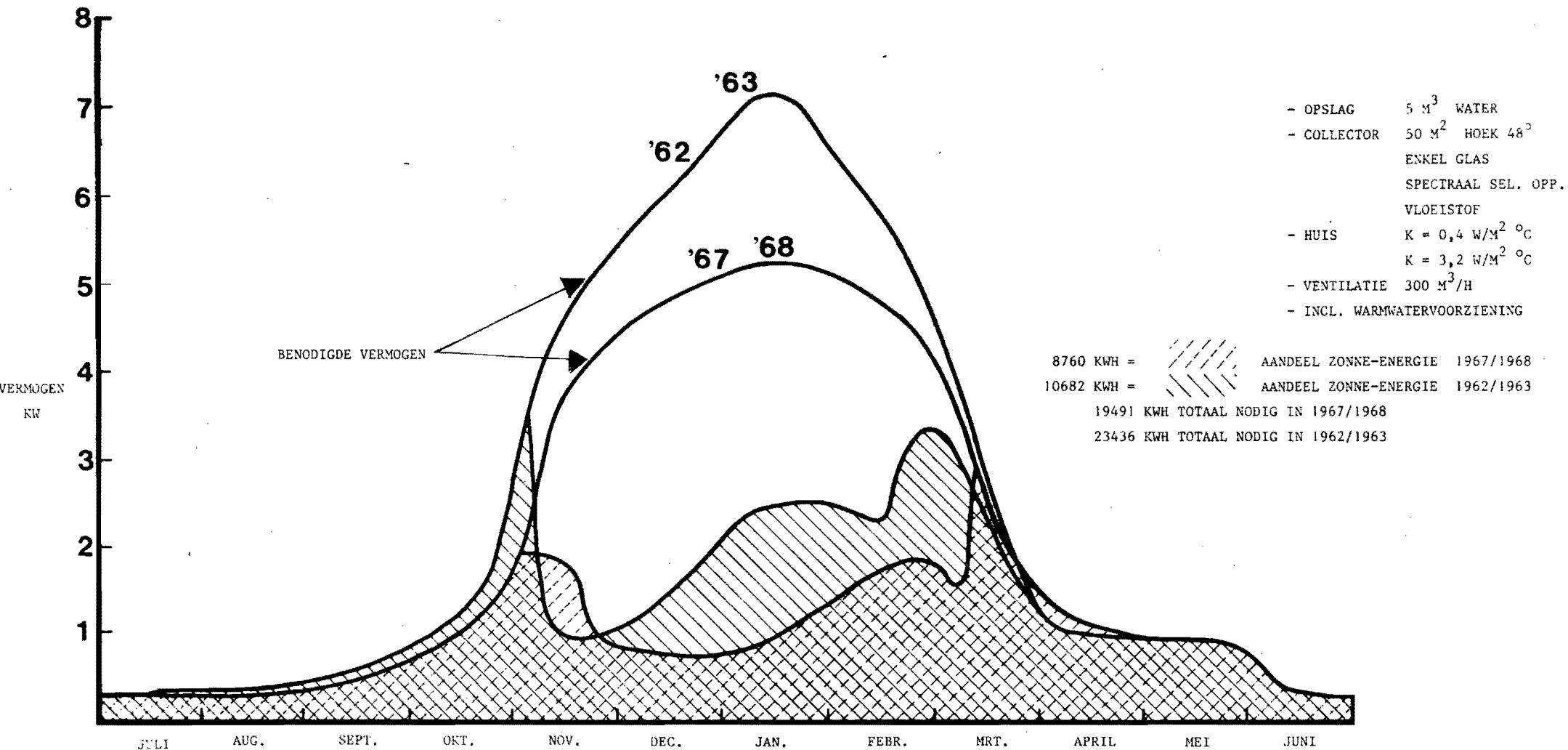
	totale warmte- behoefte Kwh	aandeel zonne-energie Kwh	Bijstook-percentages t.o.v. konventionele c.v. installaties
Referentiejaar	19979	9749	44
Referentiejaar zonder afkoeling van opslagvat	19979	9096	47
Jaar met strenge winter 1962/1963	23436	10682	47
Jaar met zachte winter 1967/1968	19491	8750	47

Bij deze vergelijking t.o.v. konventionele installatie is uitgegaan van een overall-installatie rendement van 65% en een boiler rendement van 45%, terwijl de zonne-energie "bijstook" installatie een overall rendement van meer dan 70% haalt, omdat gedurende de vijf zomermaanden de ketel of boiler geheel buiten bedrijf is.

Het resultaat van jaar 1962/1963 en 1967/1968 is uitgezet in de grafiek fig. 5.

Het gemiddelde benodigde vermogen per maand is uitgezet tegen de tijd. Opvallend is dat het aandeel van de zon voor een strenge winter procentueel even groot is als voor een zachte winter.

Verder is op de volgende bladzijden het referentiejaar gegeven in tabelvorm.



Figuur 5 Deze grafiek is gebaseerd op maandgemiddelden.

7.2. Voorverwarming van de ventilatielucht.

Het warmtewisselingssysteem aan de onderzijde van de opslag geeft een opbrengst van ongeveer 650 Kwh per jaar. Dit is aan de lage kant hetgeen geen grote investering mogelijk maakt. Deze besparing zal echter in werkelijkheid groter zijn, omdat de afkoeling groter is dan in het programma berekend.

Het blijkt ook dat er gebruik gemaakt wordt van de lage stralingsintensiteit. Deze stralingsintensiteit kan gunstiger uitvallen omdat de KNMI gegevens hiervoor niet betrouwbaar zijn. Daarom zal het zeker de moeite waard zijn om hiermee te experimenteren.

Het alternatief hiervoor is de regeneratieve warmtewisselaar. Uit experimenten moet blijken, welk van de twee systemen in combinatie met een zonne-energie installatie het meest rendabel is.

7.3. De doorsnee stralingsintensiteit.

Uit de tabellen van het referentiejaar is een grafiek gemaakt, zie fig. 6. Hieruit kunnen we de straling vinden waarbij de kollektor de meeste warmte absorbeert over de zeven wintermaanden. In dit gebied zal de kollektor dan ook optimaal moeten functioneren.

7.4. De warmteopslag.

Uit de komputer resultaten blijkt dat er in de winterperiode geen warmte verloren gaat met een opslag van 5 m^3 water. Daarom voldoet deze opslag als "kleine" opslag voor 2 à 3 dagen uitstekend.

Met een veel grotere opslag b.v. 10 m^3 wordt ongeveer 350 Kwh per jaar meer aan zonne-energie gewonnen, hetgeen absoluut niet opweegt tegen de investering. Alleen in de overgangperiode wordt van deze grotere opslag geprofiteerd (november, zie tabel).

Het is zelfs de vraag of een kleinere opslag dan 5 m^3 ook niet voldoende zou zijn.

Met een opslag van $2,5 \text{ m}^3$ zou naar schatting 500 Kwh minder zonne-energie gewonnen worden per jaar.

Om werkelijk effect te hebben op het procentuele aandeel dat de zon heeft t.o.v. de totaal benodigde warmte, moet de opslag minstens 60 m^3 inhoud

hebben. Een dergelijke opslag zou gekombineerd moeten worden met een "Zero-energie" huis (volledige energievoorziening door de zon etc.). Dit is niet het doel van het Eindhovense experiment en ook de constructie van het huis leent zich daar niet voor. Dit experiment is gericht op het onderzoek van een zonne-energie installatie met een kleine opslag. Vooralnog is zo'n installatie meer economisch.

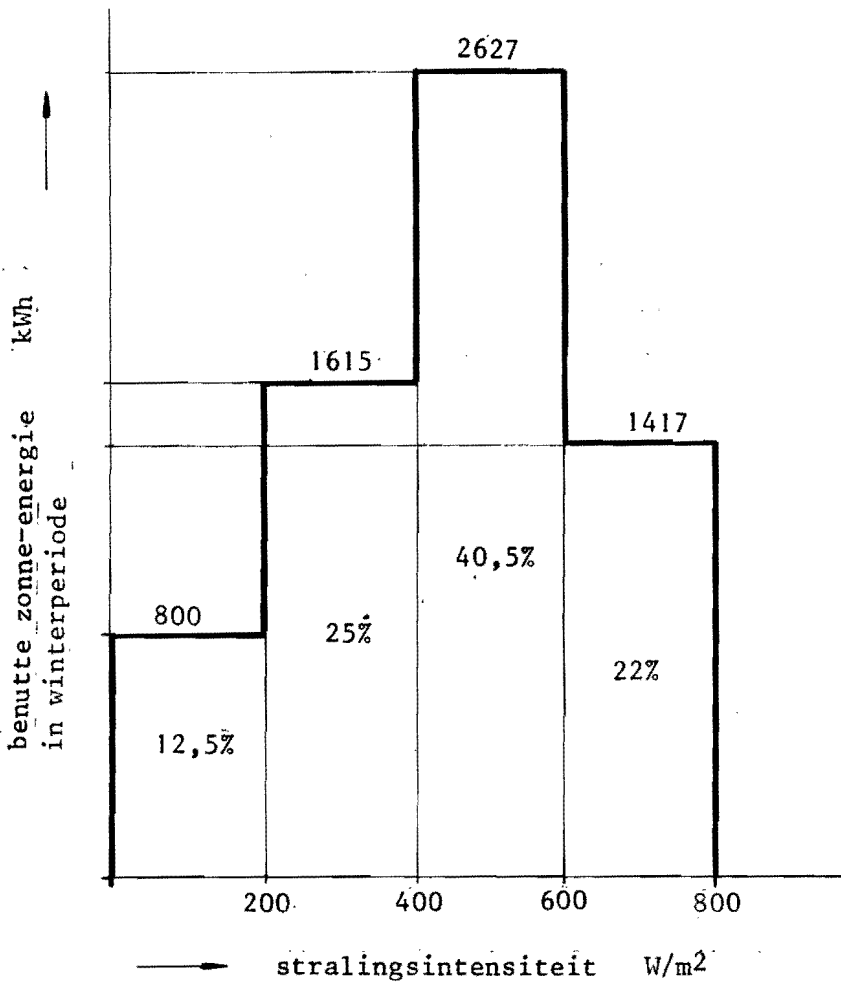


Fig. 6

De verdeling over de stralingsintensiteit van de benutte hoeveelheid zonne-energie voor het referentiejaar.

7.5. Het aandeel van de zon.

Het heeft geen zin om hiervan exacte berekeningen te maken, gezien de opzet van dit model.

Globaal brengt 50 m^2 kollektordak 10.000 Kwh per jaar, d.w.z. 200 Kwh per m^2 kollektordak. Bij een Kwh prijs van 5 cent |4| met aardgas, is de besparing $f 10,--/\text{m}^2$ kollektor. (Basis aardgasprijs 32 cent/ m^3). Het geïnvesteerde bedrag per m^2 kollektor zou dan ongeveer $f 100,--$ mogen bedragen. Op dit moment ziet het er naar uit dat dit niet mogelijk is. De aardgasprijs zou meer moeten stijgen om deze investering van $+ f 200,--/\text{m}^2$ verantwoord te kunnen doen, of andere criteria zouden deze beslissing gunstig moeten beïnvloeden.

7.6. Warmwatervoorziening.

Een zonne-energie installatie, zoals geprojecteerd in Eindhoven, heeft als voordeel dat de warmwatervoorziening geïntegreerd is in het verwarmingssysteem.

Doorgaans heeft een aparte warmwater boiler een zeer laag "overall" rendement.

Hierdoor wordt veel energie bespaard in de orde van grootte van 2000 à 3000 Kwh per jaar.

Verder kan de bijstookinstallatie gedurende zeven zomermaanden geheel buiten bedrijf, hetgeen de waakvlamkosten uitspaart. De besparing bij een Kwh prijs van 5 cent zou dan $+ f 2,--/\text{m}^2$ kollektordak groter zijn door integratie met een zonne-energie installatie voor de warmwatervoorziening.

De totale besparing van de installatie zou bij een aardgasprijs van $f 0,32/\text{m}^3$ ongeveer $f 600,--$ per jaar bedragen.

7.7. Het kollektoroppervlak.

Voor het experimenteerhuis is een kollektoroppervlak van 50 m^2 gekozen. De vraag is of dit t.a.v. de opbrengst en benodigde investering het meest optimale is.

Aan de hand van de schatting van de investeringskosten en een benadering van de opbrengst, gebaseerd op de komputerresultaten, is de grafiek

van fig. 7 gemaakt. Het meest optimale oppervlak is volgens deze raming 60 m^2 .

De jaaropbrengst is dan $1,034 \text{ kWh}$ per gulden geïnvesteed bedrag.

Bij 50 m^2 oppervlak is de opbrengst $1,027 \text{ kWh/gulden}$.

Hieruit blijkt dat de keuze van 50 m^2 volgens deze benadering economisch verantwoord is.

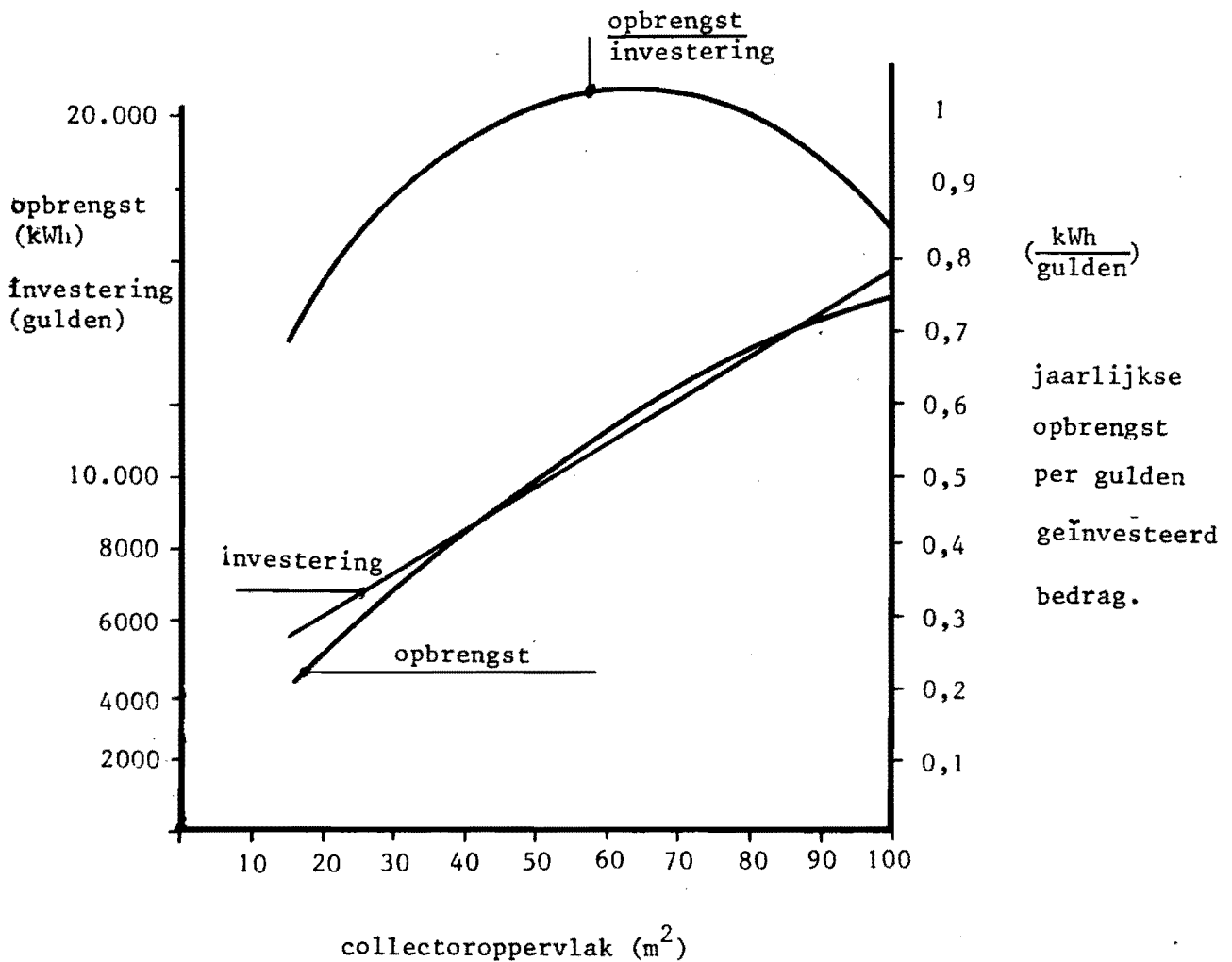


Fig. 7

Grafiek ter bepaling van het optimale kollektor oppervlak.

8. HET REFERENTIEJAAR.

Tabellen van het referentiejaar.

Betekenis van de afkortingen in de volgende tabellen:

TBG	=	Gemiddelde buitentemperatuur over 24 uur.
TVLG	=	Gemiddelde uitgaande vloeistoftemperatuur van de kollektor gedurende het aantal bedrijfsuren (pompuren).
K	=	Aantal pompuren van de kollektor op één dag.
WZ	=	Warmteopslag in het vat in Kwh.
ZSOM	=	Totaal door het glasdak ontvangen zonnestraling kumulatief.
WZOM	=	Totaal door de kollektor aan het water toegevoegde warmte, kumulatief.
WH	=	Totaal benodigde warmte voor het huis, kumulatief.
WOVER	=	De warmte die niet benut wordt als de opslag geheel vol is, kumulatief.
WTEK	=	Bijstookwarmte, kumulatief.
W100	=	De benutte warmte van de opvallende straling, minder dan 100 W/m ² .
W200	=	Idem tussen 100 en 200 W/m ² .
W400	=	Idem tussen 200 en 400 W/m ² .
W600	=	Idem tussen 400 en 600 W/m ² .
WGTR	=	Idem voor straling meer dan 600 W/m ² .

MAAND 6

DAG NR.	TSG C	TVLG C	K UUR	NZ	ZSDM	WZON	MM	NOVER	MTEK KWH	W100	W200	W400	W600	W8TR
1	13.4	31.8	13	80.8	160	89	8	0	0	2	13	43	31	0
2	13.0	27.0	11	100.2	246	127	27	0	0	5	39	52	31	0
3	12.0	24.5	10	70.6	294	145	74	0	0	9	53	52	31	0
4	15.0	44.3	13	182.2	510	265	83	0	0	10	60	63	81	51
5	18.2	73.7	12	338.0	851	439	91	10	0	11	63	70	109	186
6	19.7	100.3	9	338.0	1163	566	99	129	0	11	63	74	151	266
7	15.5	91.6	3	338.0	1300	592	108	146	0	11	63	78	159	280
8	13.5	91.5	3	338.0	1437	618	116	164	0	11	63	78	185	280
9	14.1	94.2	8	338.0	1702	699	124	237	0	11	63	92	219	314
10	13.0	97.9	8	338.0	1983	799	133	328	0	11	63	99	234	391
11	13.0	83.6	3	338.0	2096	811	143	330	0	11	63	105	240	391
12	13.2	87.7	3	338.0	2232	830	151	341	0	11	63	112	252	391
13	13.4	84.8	6	338.0	2395	860	159	363	0	11	63	122	273	391
14	12.3	87.2	8	338.0	2607	905	168	399	0	11	63	130	309	391
15	12.2	95.7	4	338.0	2495	1004	176	489	0	11	63	142	340	448
16	15.9	94.7	4	338.0	3145	1094	184	571	0	11	63	149	361	509
17	17.4	94.9	4	338.0	3421	1188	193	658	0	11	63	159	377	578
18	14.8	0.0	0	325.7	3490	1188	205	658	0	11	63	159	377	578
19	13.0	104.1	4	338.0	3853	1343	213	792	0	11	63	159	391	719
20	13.0	91.5	8	338.0	4093	1407	222	848	0	11	63	165	434	734
21	15.3	96.8	9	338.0	4385	1514	230	946	0	11	63	170	470	799
22	15.7	91.9	8	338.0	4619	1582	238	1006	0	11	63	176	489	843
23	17.1	98.5	4	338.0	4922	1698	247	1114	0	11	63	179	528	917
24	18.5	102.9	9	338.0	5257	1844	255	1251	0	11	63	179	553	1037
25	19.2	103.4	4	338.0	5600	1993	263	1392	0	11	63	179	582	1157
26	18.7	99.1	7	338.0	5859	2086	271	1477	0	11	63	182	599	1231
27	14.5	91.6	5	338.0	6031	2130	280	1513	0	11	63	187	616	1253
28	15.5	98.8	9	338.0	6339	2248	288	1622	0	11	63	191	639	1344
29	17.9	104.0	4	338.0	6691	2403	296	1769	0	11	63	191	667	1470
30	21.5	104.0	4	338.0	7029	2553	305	1911	0	11	63	197	688	1593

MAAND 7

DAG NR	TRG C	TVLG C	K UUR	WZ	ZSDM	WZDN	WZ	WVER	WTEK KNH	W100	W200	W400	W600	WATR
1	14.5	87.6	8	338.0	7232	2597	313	1946	0	11	63	206	708	1409
2	14.1	92.3	9	338.0	7483	2675	321	2016	0	11	63	208	756	1437
3	14.5	87.3	6	338.0	7655	2708	330	2040	0	11	63	215	781	1437
4	11.9	88.5	8	338.0	7879	2757	338	2081	0	11	63	223	822	1437
5	12.6	94.2	7	338.0	8114	2827	346	2143	0	11	63	223	879	1451
6	12.7	98.4	9	338.0	8427	2945	354	2253	0	11	63	223	914	1734
7	14.3	87.8	9	338.0	8646	3004	363	2304	0	11	63	231	950	1749
8	14.1	0.0	0	338.0	8690	3004	393	2304	0	11	63	231	950	1749
9	14.4	83.0	7	338.0	8871	3045	401	2306	0	11	63	239	983	1749
10	14.1	93.5	8	338.0	9113	3122	409	2374	0	11	63	240	1028	1779
11	12.9	0.0	0	298.3	9160	3122	449	2374	0	11	63	240	1028	1779
12	16.2	62.9	1	290.2	9222	3122	457	2374	0	11	63	240	1028	1779
13	17.6	84.3	9	338.0	9439	3196	466	2392	0	11	63	248	1075	1799
14	21.6	103.1	9	338.0	9760	3341	474	2529	0	11	63	252	1095	1419
15	22.0	85.0	7	338.0	9920	3366	482	2545	0	11	63	269	1102	1419
16	20.1	100.3	9	338.0	10227	3493	491	2664	0	11	63	270	1131	2017
17	21.8	96.6	9	338.0	10497	3597	499	2760	0	11	63	275	1180	2067
18	23.7	96.4	8	338.0	10734	3689	507	2843	0	11	63	279	1213	2121
19	18.7	91.1	9	338.0	10964	3759	516	2905	0	11	63	292	1270	2121
20	19.1	98.7	9	338.0	11261	3876	524	3015	0	11	63	303	1317	2182
21	18.6	89.7	5	338.0	11401	3910	532	3040	0	11	63	310	1343	2182
22	14.7	0.0	0	314.4	11449	3910	556	3040	0	11	63	310	1343	2182
23	15.4	83.4	7	338.0	11623	3944	564	3042	0	11	63	329	1359	2182
24	15.7	91.2	8	338.0	11839	4007	572	3096	0	11	63	338	1379	2215
25	16.4	101.2	9	338.0	12151	4140	581	3221	0	11	63	343	1398	2324
26	14.9	102.4	9	338.0	12471	4280	589	3353	0	11	63	354	1405	2446
27	18.5	87.2	8	338.0	12657	4320	597	3385	0	11	63	363	1436	2446
28	17.3	95.8	7	338.0	12860	4398	606	3455	0	11	63	363	1479	2481
29	16.6	94.5	8	338.0	13120	4481	614	3529	0	11	63	366	1543	2495
30	17.5	94.7	7	338.0	13337	4555	622	3594	0	11	63	371	1558	2551
31	16.9	83.4	2	334.4	13439	4559	630	3594	0	11	63	375	1558	2551

MAAND 8

DAG NR	TRG C	TVLG C	K UUR	WZ	ZSOM	WZON	WM	WDOVER	WTEK KWH	W100	W200	W400	W600	WTR
1	16.0	95.3	6	338.0	13634	4627	639	3650	0	11	63	386	1579	2488
2	14.6	82.6	5	338.0	13763	4640	647	3655	0	11	63	393	1584	2488
3	14.6	93.5	9	338.0	14022	4725	655	3732	0	11	63	403	1596	2451
4	16.8	82.0	3	336.3	14109	4732	664	3732	0	11	63	410	1596	2451
5	18.6	0.0	0	328.0	14183	4732	672	3732	0	11	63	410	1596	2451
6	16.5	91.8	8	338.0	14409	4804	680	3785	0	11	63	413	1635	2481
7	16.3	94.7	8	338.0	14650	4887	689	3860	0	11	63	427	1670	2715
8	16.8	96.6	5	338.0	14843	4946	697	3911	0	11	63	434	1683	2754
9	16.1	95.5	8	338.0	15095	5032	705	3989	0	11	63	446	1738	2774
10	16.1	96.3	7	338.0	15323	5119	713	4067	0	11	63	447	1746	2850
11	16.4	93.2	8	338.0	15553	5193	722	4134	0	11	63	459	1791	2869
12	14.0	87.1	8	338.0	15747	5235	730	4167	0	11	63	470	1821	2869
13	12.2	80.3	4	338.0	15870	5248	739	4171	0	11	63	476	1828	2869
14	14.5	86.2	5	338.0	16010	5273	747	4188	0	11	63	482	1847	2869
15	14.1	86.5	6	338.0	16180	5303	755	4210	0	11	63	486	1871	2869
16	14.3	85.1	6	338.0	16325	5330	764	4228	0	11	63	497	1889	2869
17	13.9	88.8	6	338.0	16503	5369	772	4259	0	11	63	510	1915	2869
18	15.2	0.0	0	329.7	16574	5369	780	4259	0	11	63	510	1915	2869
19	14.2	70.5	4	328.9	16690	5376	789	4259	0	11	63	511	1921	2869
20	14.8	81.7	5	333.0	16832	5388	797	4259	0	11	63	524	1921	2869
21	15.8	0.0	0	313.0	16866	5388	817	4259	0	11	63	524	1921	2869
22	15.2	83.0	7	338.0	17036	5430	825	4267	0	11	63	530	1956	2869
23	14.8	80.2	6	338.0	17193	5460	834	4288	0	11	63	540	1975	2869
24	14.7	0.0	0	310.9	17233	5460	861	4288	0	11	63	540	1975	2869
25	17.0	83.3	4	429.4	17373	5486	869	4288	0	11	63	543	1986	2869
26	18.7	85.1	9	338.0	17544	5524	877	4308	0	11	63	554	2012	2869
27	17.0	100.3	9	338.0	17840	5651	886	4427	0	11	63	558	2037	2869
28	16.3	99.6	10	338.0	18158	5796	894	4564	0	11	63	561	2057	3103
29	20.2	101.8	9	338.0	18461	5934	902	4693	0	11	63	563	2075	3221
30	22.3	101.6	9	338.0	18755	6069	910	4821	0	11	63	565	2091	3238
31	17.3	0.0	0	329.7	18790	6069	919	4821	0	11	63	565	2091	3238

MAAND# 9

DAG NR	TRG C	TVLG C	K UUR	WZ	ZSOM	WZON	WH	WDOER	WTEK KWH	W100	W200	W400	W600	WTR
1	15.5	0.0	0	307.5	18824	6069	941	4821	0	11	63	565	2091	3138
2	16.8	80.7	1	308.2	18909	6078	949	4821	0	11	63	565	2100	3138
3	14.8	0.0	0	295.5	18978	6078	962	4821	0	11	63	565	2100	3138
4	14.0	86.2	10	338.0	19212	6159	970	4851	0	11	63	572	2144	3168
5	13.0	0.0	0	295.6	19251	6159	1013	4851	0	11	63	572	2144	3168
6	13.0	79.0	7	327.2	19414	6199	1021	4851	0	11	63	582	2174	3168
7	11.3	90.3	6	338.0	19505	6261	1029	4894	0	11	63	588	2195	3204
8	11.2	89.8	9	338.0	19831	6333	1038	4957	0	11	63	599	2237	3222
9	11.8	90.5	8	338.0	20044	6404	1046	5020	0	11	63	609	2281	3239
10	11.3	85.5	7	338.0	20218	6446	1054	5054	0	11	63	613	2319	3239
11	11.4	76.5	3	316.1	20316	6453	1083	5054	0	11	63	620	2319	3239
12	14.1	85.2	6	338.0	20469	6493	1091	5064	0	11	63	628	2352	3239
13	14.4	0.0	0	319.1	20532	6493	1110	5064	0	11	63	628	2352	3239
14	15.6	0.0	0	296.7	20566	6493	1132	5064	0	11	63	628	2352	3239
15	15.6	83.8	6	334.7	20700	6540	1140	5064	0	11	63	643	2383	3239
16	14.5	86.8	4	338.0	20837	6570	1149	5084	0	11	63	645	2412	3239
17	13.6	83.5	2	331.3	20928	6578	1164	5084	0	11	63	646	2419	3239
18	12.9	75.5	4	324.6	21029	6585	1177	5084	0	11	63	653	2419	3239
19	11.8	73.2	2	292.1	21097	6592	1217	5084	0	11	63	660	2419	3239
20	11.9	75.9	6	314.7	21237	6633	1235	5084	0	11	63	673	2446	3239
21	10.0	59.6	1	248.4	21281	6633	1301	5084	0	11	63	673	2446	3239
22	13.2	72.1	6	317.8	21457	6711	1309	5084	0	11	63	693	2461	3281
23	13.8	94.1	7	338.0	21671	6799	1318	5143	0	11	63	697	2479	3549
24	16.0	78.5	2	333.3	21756	6802	1326	5143	0	11	63	700	2479	3549
25	17.9	0.0	0	325.0	21820	6802	1334	5143	0	11	63	700	2479	3549
26	19.8	86.0	3	335.4	21932	6821	1343	5143	0	11	63	710	2488	3549
27	15.8	95.2	6	338.0	22113	6891	1351	5202	0	11	63	716	2510	3589
28	15.6	98.1	7	338.0	22346	6986	1359	5289	0	11	63	718	2535	3559
29	17.4	86.4	6	338.0	22481	7018	1367	5313	0	11	63	722	2546	3773
30	16.3	96.9	7	338.0	22693	7102	1376	5388	0	11	63	726	2574	3727

MAAND= 10

DAG NR	TRG C	TVLG C	K UUR	WZ	ZSOM	WZDN	WVH	WDOVER	NTEK KWH	W100	W200	W400	W600	W8TR
1	12.5	65.1	7	338.0	22846	7160	1376	5447	0	11	68	740	2614	3727
2	12.0	59.5	7	338.0	22980	7200	1384	5478	0	12	68	740	2653	3727
3	10.3	34.8	4	315.0	23057	7215	1421	5478	0	12	76	746	2653	3727
4	11.4	15.1	3	273.0	23089	7220	1469	5478	0	14	79	746	2653	3727
5	14.0	13.8	3	245.7	23116	7220	1497	5478	0	14	79	746	2653	3727
6	13.2	28.2	5	221.5	23153	7226	1525	5478	0	19	80	746	2653	3727
7	10.9	29.8	8	195.8	23207	7241	1568	5478	0	20	90	750	2653	3727
8	9.0	42.8	9	253.1	23361	7330	1599	5478	0	23	100	756	2700	3751
9	9.5	68.8	8	335.0	23582	7447	1605	5504	0	23	103	768	2745	3808
10	12.3	62.0	8	338.0	23713	7495	1611	5546	0	24	108	784	2756	3823
11	15.8	77.2	8	338.0	23942	7617	1611	5667	0	27	108	796	2789	3897
12	13.7	62.7	7	338.0	24073	7664	1611	5715	0	28	113	828	2807	3897
13	12.7	20.4	3	320.5	24123	7674	1639	5715	0	29	123	823	2807	3897
14	10.7	19.9	3	285.2	24172	7685	1686	5715	0	32	123	831	2807	3897
15	8.2	77.2	9	338.0	24429	7814	1688	5789	0	32	123	840	2827	3992
16	7.0	73.4	8	338.0	24651	7921	1711	5872	0	32	123	850	2861	4054
17	7.7	74.6	8	338.0	24884	8037	1724	5975	0	32	123	857	2903	4121
18	9.5	46.2	6	320.4	24971	8063	1767	5975	0	34	134	861	2913	4121
19	10.4	45.9	7	289.0	25046	8074	1810	5975	0	34	134	872	2913	4121
20	6.7	18.5	3	217.3	25091	8085	1893	5975	0	35	144	872	2913	4121
21	8.1	43.0	9	231.0	25210	8141	1936	5975	0	37	144	905	2933	4121
22	8.0	72.8	8	338.0	25459	8252	1936	5978	0	37	148	915	2955	4196
23	8.9	62.0	6	338.0	25616	8324	1962	6024	0	37	148	939	3003	4196
24	10.3	13.8	3	278.4	25633	8328	2026	6024	0	42	148	939	3003	4196
25	11.3	16.8	3	237.2	25663	8337	2076	6024	0	47	152	939	3003	4196
26	10.3	24.8	5	188.7	25699	8344	2132	6024	0	48	157	939	3003	4196
27	8.6	33.2	6	180.0	25781	8387	2183	6024	0	48	161	970	3003	4196
28	11.7	10.1	7	130.9	25798	8390	2236	6024	0	52	161	970	3003	4196
29	10.9	24.8	7	116.4	25850	8421	2281	6024	0	53	170	991	3003	4196
30	12.8	18.0	5	77.1	25865	8420	2325	6024	0	58	170	991	3003	4196
31	12.8	19.5	6	35.3	25881	8431	2369	6024	0	60	180	991	3003	4196

MAAND 11

DAR NR	TAL C	EVIG C	K GUR	KZ	ZSOM	KZOM	MM	KOVER	KTEK KWH	K100	K200	K400	K600	KCTR
1	7.9	20.0	7	2.4	25943	8466	2440	6024	0	64	183	1004	3018	4196
2	8.7	32.0	6	25.1	26047	8534	2486	6024	0	64	186	1028	3037	4220
3	7.9	14.9	7	0.0	26079	8546	2564	6024	42	69	193	1028	3037	4220
4	8.0	20.1	6	0.0	26112	8561	2634	6024	96	72	205	1028	3037	4220
5	7.9	20.0	6	0.0	26143	8575	2714	6024	163	72	218	1028	3037	4220
6	0.4	14.4	4	0.0	26158	8577	2814	6024	260	75	218	1028	3037	4220
7	3.7	30.1	8	10.4	26307	8676	2894	6024	260	77	220	1044	3090	4240
8	2.7	40.1	6	75.7	26498	8807	2968	6024	260	77	224	1073	3189	4285
9	2.1	17.1	6	0.0	26534	8818	3095	6024	300	78	233	1073	3149	4285
10	6.2	27.3	8	0.0	26632	8881	3165	6024	307	80	237	1115	3164	4285
11	8.5	10.4	3	0.0	26640	8883	3249	6024	390	82	237	1115	3164	4285
12	7.6	20.2	7	0.0	26722	8935	3315	6024	404	85	241	1138	3164	4307
13	5.3	33.2	7	2.9	26841	9014	3391	6024	404	86	246	1145	3229	4307
14	7.0	9.0	3	0.0	26851	9016	3489	6024	496	89	246	1145	3229	4307
15	7.0	10.5	7	0.0	26876	9023	3574	6024	578	96	246	1145	3229	4307
16	4.9	10.5	5	0.0	26908	9036	3683	6024	671	98	256	1145	3229	4307
17	2.2	37.0	8	23.9	27073	9148	3771	6024	671	99	261	1154	3306	4329
18	0.0	36.0	8	38.2	27242	9262	3871	6024	671	100	261	1172	3381	4349
19	4.0	11.4	4	0.0	27261	9268	3984	6024	740	105	261	1172	3381	4349
20	3.8	36.8	8	39.5	27427	9379	4056	6024	740	106	261	1191	3472	4349
21	0.8	39.0	8	80.5	27624	9509	4138	6024	740	107	261	1200	3522	4419
22	5.9	13.8	5	0.0	27642	9515	4241	6024	750	113	261	1200	3522	4419
23	4.3	9.0	3	0.0	27652	9516	4362	6024	869	115	261	1200	3522	4419
24	3.0	9.2	3	0.0	27665	9518	4492	6024	997	117	261	1200	3522	4419
25	1.0	0.0	0	0.0	27667	9518	4638	6024	1144	117	261	1200	3522	4419
26	4.4	6.7	3	0.0	27681	9520	4757	6024	1261	118	261	1200	3522	4419
27	2.9	20.0	7	0.0	27781	9582	4861	6024	1302	118	267	1243	3535	4419
28	6.0	7.2	3	0.0	27785	9583	4964	6024	1405	119	267	1243	3535	4419
29	6.4	10.1	3	0.0	27794	9583	5067	6024	1507	120	267	1243	3535	4419
30	2.5	30.0	6	0.0	27919	9668	5166	6024	1522	121	267	1243	3619	4419

MAAND 12

DAG NR.	TBG C	TVLG C	K UUR	WZ	ZSOH	WZON	NH	HOVER	WTEK KWH	W100	W200	W400	W600	WATR
1	9.0	7.5	3	0.0	27928	9669	5247	6024	1601	122	267	1243	3619	4419
2	5.7	24.4	6	0.0	27984	9701	5340	6024	1662	122	278	1263	3619	4419
3	3.4	15.5	3	0.0	28011	9714	5461	6024	1770	125	281	1271	3619	4419
4	7.2	8.4	3	0.0	28018	9717	5557	6024	1864	127	281	1271	3619	4419
5	9.3	20.2	7	0.0	28050	9732	5625	6024	1917	128	284	1283	3619	4419
6	3.5	34.1	6	0.0	28159	9804	5722	6024	1941	130	284	1290	3621	4419
7	0.8	28.1	6	0.0	28249	9860	5845	6024	2009	130	284	1314	3713	4419
8	-0.6	12.5	4	0.0	28275	9868	6001	6024	2156	133	290	1314	3713	4419
9	3.2	4.6	3	0.0	28290	9869	6134	6024	2288	133	290	1314	3713	4419
10	8.8	7.2	3	0.0	28290	9869	6215	6024	2369	133	290	1314	3713	4419
11	11.9	20.5	8	0.0	28319	9833	6261	6024	2401	132	299	1314	3713	4419
12	10.6	18.0	5	0.0	28330	9835	6325	6024	2463	141	299	1314	3713	4419
13	8.9	13.1	1	0.0	28335	9836	6409	6024	2547	141	299	1314	3713	4419
14	5.7	0.0	0	0.0	28337	9836	6520	6024	2658	141	299	1314	3713	4419
15	0.3	0.0	0	0.0	28342	9886	6679	6024	2817	141	299	1314	3713	4419
16	-1.9	20.2	5	0.0	28397	9915	6839	6024	2948	143	302	1322	3729	4419
17	-5.3	31.4	6	0.0	28521	9994	7007	6024	3036	143	302	1339	3791	4419
18	-6.0	28.6	6	0.0	28635	10066	7184	6024	3141	143	302	1363	3839	4419
19	-4.1	28.7	6	0.0	28749	10140	7344	6024	3228	143	306	1398	3874	4419
20	1.2	2.2	3	0.0	28755	10141	7493	6024	3376	144	306	1398	3874	4419
21	3.8	7.6	3	0.0	28767	10145	7617	6024	3495	148	306	1398	3874	4419
22	2.5	9.2	3	0.0	28778	10148	7753	6024	3628	151	306	1398	3874	4419
23	-5.3	33.7	6	0.0	28903	10229	7918	6024	3712	151	306	1415	3931	4419
24	-6.6	31.7	6	0.0	29043	10315	8092	6024	3801	151	306	1421	4018	4419
25	-8.1	36.0	6	0.0	29202	10419	8272	6024	3876	151	306	1426	4044	4488
26	-7.4	34.1	6	0.0	29350	10516	8449	6024	3957	151	306	1432	4138	4488
27	-5.9	35.0	6	0.0	29504	10619	8610	6024	4015	151	306	1438	4188	4536
28	-5.8	1.6	3	0.0	29516	10622	8819	6024	4220	155	306	1438	4188	4536
29	2.5	0.7	3	0.0	29528	10623	8953	6024	4353	156	306	1438	4188	4536
30	6.5	12.5	4	0.0	29541	10629	9053	6024	4447	161	306	1438	4188	4536
31	2.8	0.0	0	0.0	29545	10629	9189	6024	4583	161	306	1438	4188	4536

MAAND= 1

DAG NR	TSL C	TVL6 C	K DUK	K7	ZSDM	WZDN	WH	WDOVER	WTFK KWH	W100	W200	W400	W600	WATR
1	-0.6	25.7	6	0.0	29622	10674	9331	6024	4681	162	306	1482	4188	4536
2	-0.1	4.7	2	0.0	29625	10674	9493	6024	4842	162	306	1482	4188	4536
3	1.0	13.7	4	0.0	29654	10668	9633	6024	4989	167	306	1491	4188	4536
4	1.7	5.7	3	0.0	29654	10668	9779	6024	5114	167	306	1491	4188	4536
5	1.3	11.1	3	0.0	29683	10699	9920	6024	5245	167	317	1491	4188	4536
6	-1.4	13.1	4	0.0	29708	10708	10085	6024	5400	171	317	1497	4188	4536
7	-0.0	34.5	6	0.0	29844	10799	10207	6024	5432	171	317	1506	4269	4536
8	-6.3	24.0	6	0.0	29928	10845	10396	6024	5575	171	318	1524	4296	4536
9	-1.8	13.0	5	0.0	29961	10859	10559	6024	5724	174	330	1524	4296	4536
10	-0.9	27.3	5	0.0	30053	10917	10693	6024	5800	174	334	1542	4332	4536
11	-8.7	21.2	4	0.0	30121	10952	10903	6024	5974	174	339	1556	4348	4536
12	-10.3	6.6	4	0.0	30157	10961	11138	6024	6201	174	347	1556	4348	4536
13	5.6	0.3	3	0.0	30161	10961	11250	6024	6312	175	347	1556	4348	4536
14	8.7	27.3	9	7.8	30258	11022	11303	6024	6312	175	352	1582	4377	4536
15	7.0	11.8	3	0.0	30262	11022	11403	6024	6404	176	352	1582	4377	4536
16	7.7	19.2	5	0.0	30293	11037	11486	6024	6472	179	356	1590	4377	4536
17	6.0	28.1	5	0.0	30365	11082	11570	6024	6511	180	359	1599	4410	4536
18	7.5	10.9	3	0.0	30373	11085	11663	6024	6602	183	359	1599	4410	4536
19	5.0	29.0	6	0.0	30459	11139	11754	6024	6639	183	368	1607	4444	4536
20	-0.7	24.7	5	0.0	30528	11176	11896	6024	6743	183	375	1625	4457	4536
21	1.1	4.9	3	0.0	30534	11178	12047	6024	6893	185	375	1625	4457	4536
22	0.8	6.2	3	0.0	30542	11179	12199	6024	7043	186	375	1625	4457	4536
23	3.1	21.9	6	0.0	30603	11214	12311	6024	7121	190	378	1653	4457	4536
24	5.6	12.0	4	0.0	30614	11217	12419	6024	7226	193	378	1653	4457	4536
25	5.4	18.4	5	0.0	30636	11224	12525	6024	7324	198	380	1653	4457	4536
26	6.0	10.3	3	0.0	30651	11227	12629	6024	7425	201	380	1653	4457	4536
27	4.5	23.5	7	0.0	30712	11261	12728	6024	7491	204	388	1676	4457	4536
28	3.7	24.7	7	0.0	30784	11303	12832	6024	7553	204	399	1693	4472	4536
29	6.4	9.5	3	0.0	30793	11307	12935	6024	7652	208	399	1693	4472	4536
30	7.1	13.7	4	0.0	30805	11310	13030	6024	7744	211	399	1693	4472	4536
31	4.0	19.5	6	0.0	30839	11324	13144	6024	7844	215	403	1699	4472	4536

MAAND 2

DAG NR	TAG C	TVLG C	K UUR	WZ	ZSCM	WZON	WH	WQVER	NTEK KWH	W100	W200	W400	W600	WATR
1	0.3	26.5	8	0.0	30939	11379	13260	6024	7905	220	407	1715	4502	4536
2	0.6	32.2	7	0.0	31071	11464	13368	6024	7927	221	416	1721	4555	4557
3	3.6	13.0	4	0.0	31096	11474	13427	6024	8037	223	419	1721	4555	4557
4	4.7	14.6	5	0.0	31118	11479	13599	6024	8144	227	419	1721	4555	4557
5	5.0	28.2	8	0.0	31221	11542	13681	6024	8163	228	423	1763	4570	4557
6	3.5	17.2	6	0.0	31250	11549	13800	6024	8274	233	426	1763	4570	4557
7	4.7	23.8	7	0.0	31322	11589	13891	6024	8325	234	439	1776	4583	4557
8	3.3	35.7	7	12.2	31469	11684	13974	6024	8325	234	439	1808	4599	4605
9	-0.3	41.3	8	56.2	31680	11823	14069	6024	8325	234	442	1818	4654	4675
10	4.3	10.6	4	0.0	31699	11828	14185	6024	8380	239	442	1818	4654	4675
11	5.0	14.2	4	0.0	31725	11836	14291	6024	8479	243	445	1818	4654	4675
12	5.2	18.4	5	0.0	31752	11844	14395	6024	8575	246	451	1818	4654	4675
13	5.6	29.3	7	0.0	31855	11908	14471	6024	8587	246	451	1851	4685	4675
14	2.8	36.3	7	9.6	32006	12004	14558	6024	8587	248	457	1863	4715	4722
15	1.7	26.6	8	0.0	32106	12051	14667	6024	8629	248	467	1889	4734	4722
16	0.6	34.6	7	0.0	32260	12157	14767	6024	8633	248	467	1918	4780	4744
17	-0.7	29.0	8	0.0	32385	12232	14889	6024	8681	249	467	1949	4780	4786
18	-0.5	31.1	8	0.0	32530	12320	15003	6024	8707	252	470	1984	4828	4786
19	0.7	21.5	8	0.0	32600	12354	15130	6024	8800	254	477	2009	4828	4786
20	-0.4	35.2	8	5.6	32774	12462	15233	6024	8800	254	477	2023	4902	4806
21	-0.4	18.1	6	0.0	32815	12474	15379	6024	8928	254	489	2023	4902	4806
22	1.0	18.2	7	0.0	32852	12483	15515	6024	9056	260	492	2023	4902	4806
23	2.5	18.4	7	0.0	32894	12490	15641	6024	9174	263	496	2023	4902	4806
24	0.8	9.7	3	0.0	32913	12497	15782	6024	9309	266	499	2023	4902	4806
25	1.9	24.3	7	0.0	33032	12567	15879	6024	9335	266	505	2040	4950	4806
26	0.0	24.8	8	0.0	33128	12616	15996	6024	9404	266	509	2084	4950	4806
27	1.9	28.8	8	0.0	33235	12679	16096	6024	9441	270	519	2099	4986	4806
28	2.2	24.1	6	0.0	33315	12721	16207	6024	9510	271	520	2122	5002	4806

MAAND 3

DAG	TAB	FVLG	R	SZ	ZSD4	WZON	WM	WOVER	WTFK	W100	W200	W400	W600	WATR
NR	C	C	UUR						KWH					
1	-1.5	17.3	6	0.0	33355	12734	16363	6024	9652	274	521	2131	5002	4806
2	-2.5	19.1	7	0.0	33423	12758	16519	6024	9785	278	530	2142	5002	4806
3	-4.9	39.5	10	43.9	33680	12921	16638	6024	9785	279	533	2163	5040	4806
4	-3.0	30.8	9	18.1	33845	13018	16763	6024	9785	280	533	2196	5082	4826
5	-1.2	32.9	9	20.7	34027	13127	16868	6024	9785	280	539	2209	5153	4948
6	-0.0	29.5	9	0.0	34172	13212	16976	6024	9788	281	550	2224	5198	4967
7	0.1	21.7	8	0.0	34248	13247	17105	6024	9882	283	557	2232	5208	4967
8	1.7	19.9	7	0.0	34299	13265	17231	6024	9987	285	557	2251	5208	4967
9	2.5	22.1	10	0.0	34375	13302	17340	6024	10061	287	564	2271	5208	4967
10	2.1	39.4	10	34.3	34609	13454	17404	6024	10061	287	574	2293	5252	5037
11	4.2	45.9	10	211.1	34861	13517	17444	6024	10061	287	577	2314	5300	5138
12	5.9	62.3	9	421.2	35110	13753	17471	6024	10061	287	580	2330	5332	5225
13	7.8	74.8	9	338.0	35363	13874	17481	6117	10061	287	583	2347	5352	5296
14	8.8	12.7	3	271.5	35391	13878	17551	6117	10061	291	583	2347	5362	5296
15	9.5	20.5	5	214.4	35427	13893	17614	6117	10061	294	583	2349	5362	5296
16	8.9	49.9	9	273.7	35596	13963	17634	6117	10061	294	585	2377	5394	5213
17	0.1	40.1	7	273.4	35714	14001	17673	6117	10061	294	591	2398	5405	5213
18	7.8	29.3	5	215.1	35767	14013	17743	6117	10061	297	596	2400	5405	5213
19	5.3	31.1	9	179.6	35800	14052	17817	6117	10061	298	611	2425	5405	5213
20	3.4	29.1	8	132.9	35950	14095	17907	6117	10061	298	617	2461	5405	5213
21	2.9	17.2	7	19.2	35985	14102	18028	6117	10061	303	620	2461	5405	5213
22	3.4	40.9	10	128.0	36227	14257	18074	6117	10061	303	620	2475	5448	5212
23	7.7	24.7	10	117.8	36312	14307	18134	6117	10061	305	632	2495	5463	5212
24	6.4	14.7	4	23.2	36332	14310	18232	6117	10061	308	632	2495	5463	5212
25	5.7	29.7	10	37.5	36463	14390	18297	6117	10061	312	640	2519	5507	5212
26	6.7	23.9	9	4.9	36533	14428	18368	6117	10061	320	644	2545	5507	5212
27	7.3	20.0	8	0.0	36578	14442	18448	6117	10122	323	655	2545	5507	5212
28	8.8	50.2	10	136.2	36857	14623	18448	6117	10122	323	658	2551	5574	5222
29	9.8	27.7	10	337.5	37124	14780	18448	6117	10122	323	662	2552	5630	5213
30	6.5	75.1	10	338.0	37388	14889	18448	6226	10122	323	666	2562	5645	5293
31	6.4	80.4	11	338.0	37709	15041	18448	6378	10122	324	666	2569	5670	5213

612
354
470
 10122
 92000
337

MAAND 4

DAG NR	TRG C	TVLG C	K UUR	NZ	ZSON	WZON	WH	WDVER	WTFK KWH	W100	W200	W400	W600	WATR
1	3.6	12.6	3	233.8	37752	15048	18558	6378	10122	328	669	2569	5670	5813
2	2.8	18.8	8	124.9	37795	15056	18676	6378	10122	331	674	2569	5670	5813
3	2.9	7.3	3	0.0	37811	15057	18805	6378	10126	331	674	2569	5670	5813
4	3.2	18.5	9	0.0	37853	15067	18919	6378	10230	336	680	2569	5670	5813
5	4.5	53.8	11	208.2	38197	15282	18926	6378	10230	337	680	2580	5702	5883
6	3.9	35.9	11	229.1	38365	15367	18991	6378	10230	340	689	2599	5734	6005
7	3.7	33.3	10	206.3	38490	15425	19071	6378	10230	345	697	2633	5746	6005
8	6.3	29.7	11	197.2	38594	15471	19126	6378	10230	348	704	2669	5746	6005
9	8.0	62.1	11	338.0	38874	15617	19130	6379	10230	349	709	2671	5795	6094
10	8.5	76.3	11	338.0	39168	15748	19130	6510	10230	350	709	2683	5822	6184
11	8.1	69.1	11	338.0	39373	15818	19144	6567	10230	355	709	2700	5836	6219
12	7.8	12.6	3	262.5	39406	15822	19223	6567	10230	358	709	2700	5836	6219
13	8.9	44.3	9	270.0	39531	15855	19249	6567	10230	360	715	2726	5836	6219
14	8.5	51.0	8	311.4	39703	15925	19278	6567	10230	364	715	2733	5874	6240
15	10.7	67.0	10	338.0	39914	16011	19278	6626	10230	366	719	2738	5882	6306
16	14.8	76.3	10	338.0	40173	16125	19278	6740	10230	369	719	2756	5919	6363
17	16.0	72.3	8	338.0	40497	16216	19278	6830	10230	371	719	2763	5948	6315
18	14.8	72.2	8	338.0	40603	16304	19278	6918	10230	372	722	2763	5992	6354
19	14.2	61.3	6	338.0	40740	16359	19278	6973	10230	375	722	2780	6014	6368
20	11.5	69.9	3	338.0	40937	16437	19278	7051	10230	376	722	2787	6050	6501
21	11.7	70.7	9	338.0	41151	16517	19278	7132	10230	379	722	2796	6118	6501
22	9.8	67.6	10	338.0	41335	16571	19281	7182	10230	381	722	2817	6150	6501
23	8.5	23.1	3	322.1	41430	16593	19319	7182	10230	381	725	2836	6150	6501
24	6.8	12.1	3	230.3	41451	16595	19413	7182	10230	383	725	2836	6150	6501
25	7.6	26.3	8	196.0	41527	16613	19470	7182	10230	384	730	2853	6150	6501
26	10.0	52.3	12	302.6	41751	16725	19470	7192	10230	386	730	2883	6225	6501
27	12.2	77.6	12	338.0	42057	16863	19470	7285	10230	388	733	2891	6250	6500
28	11.9	16.4	3	305.0	42103	16867	19507	7285	10230	392	733	2891	6250	6500
29	10.5	55.0	9	317.2	42234	16896	19527	7285	10230	397	733	2911	6257	6500
30	10.2	69.8	11	332.0	42462	16975	19527	7340	10230	397	736	2924	6304	6614

MAAND= 5

DAG NP	TALG C	TVLG C	K UUR	WZ	ZSON	WZON	WM	WDOER	WTFK KWH	W100	W200	W400	W600	WATR
1	11.4	96.4	9	338.0	42750	17086	19535	7443	10230	397	736	2925	6327	6701
2	12.7	83.8	8	338.0	42932	17130	19543	7479	10230	397	736	2930	6365	6701
3	12.0	89.4	4	338.0	43043	17144	19565	7479	10230	397	736	2944	6365	6701
4	11.9	73.2	4	325.4	43167	17156	19582	7479	10230	397	736	2950	6372	6701
5	10.9	86.5	6	338.0	43356	17195	19590	7497	10230	397	736	2955	6389	6718
6	9.9	82.4	7	338.0	43514	17225	19616	7501	10230	397	736	2970	6403	6718
7	10.7	80.0	6	282.2	43566	17225	19672	7501	10230	397	736	2970	6403	6718
8	11.9	54.1	1	234.7	43622	17226	19716	7501	10230	397	737	2970	6403	6718
9	12.1	61.8	6	274.6	43753	17281	19736	7501	10230	397	740	2984	6443	6718
10	9.6	77.1	9	314.0	43953	17340	19755	7501	10230	397	740	3002	6466	6735
11	9.2	90.1	8	338.0	44205	17433	19765	7560	10230	397	740	3006	6500	6791
12	10.4	98.4	9	338.0	44516	17553	19773	7677	10230	397	740	3006	6527	6886
13	10.4	100.0	9	338.0	44824	17688	19782	7798	10230	397	740	3016	6538	6997
14	17.5	99.1	9	338.0	45116	17809	19790	7911	10230	397	740	3020	6579	7073
15	16.0	99.3	9	338.0	45412	17931	19798	8025	10230	397	740	3023	6600	7172
16	13.7	85.1	6	338.0	45560	17957	19807	8043	10230	397	740	3041	6608	7172
17	13.6	82.1	5	338.0	45691	17968	19815	8045	10230	397	740	3052	6608	7172
18	11.1	93.9	3	435.0	45832	18003	19829	8057	10230	397	740	3052	6628	7187
19	7.7	99.6	9	338.0	46160	18130	19847	8175	10230	397	740	3054	6644	7294
20	6.9	93.0	8	338.0	46424	18213	19861	8244	10230	397	740	3066	6668	7342
21	10.5	89.1	8	338.0	46653	18274	19869	8297	10230	397	740	3082	6682	7373
22	14.0	100.0	9	338.0	46975	18402	19877	8417	10230	397	740	3085	6710	7470
23	14.9	95.7	7	338.0	47210	18485	19886	8491	10230	397	740	3090	6735	7523
24	14.6	101.8	8	338.0	47514	18607	19894	8605	10230	397	740	3090	6749	7630
25	11.8	90.9	3	338.0	47650	18634	19907	8619	10230	397	740	3090	6777	7630
26	11.2	82.4	6	338.0	47818	18661	19916	8638	10230	397	740	3105	6789	7630
27	10.6	84.8	4	338.0	47970	18691	19934	8649	10230	397	740	3106	6818	7630
28	13.2	80.1	3	336.6	48118	18698	19942	8649	10230	397	740	3113	6818	7630
29	12.6	101.3	9	338.0	48445	18832	19950	8774	10230	397	740	3113	6834	7747
30	10.0	89.0	5	338.0	48625	18871	19960	8803	10230	397	740	3114	6854	7767
31	9.7	87.1	4	338.0	48783	18898	19979	8811	10230	397	740	3117	6863	7781

APPENDIX.

Warmtewisseling aan de onderzijde van het vat (zie fig. 8).

Hierbij wordt de onderste laag met een hoogte van ca. 0,5 m, homogeen van temperatuur verondersteld en tevens de temperatuurverschillen over de metalen wand van het vat verwaarloosd.

Verder wordt verondersteld:

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = 0 \quad (30)$$

$$\frac{\partial T_b}{\partial t} = 0 \text{ gedurende 24 uur} \quad (31)$$

\bar{T}_b is op te vatten als de gemiddelde temperatuur over 24 uur, hetgeen aan de pessimistische kant is, omdat er 's ochtends lagere temperaturen zijn.

Uit de wet voor behoud van energie volgt:

$$\rho \frac{\partial}{\partial t} \iiint_B e \, d\tau = - \iint_F \underline{q}'' \cdot \underline{n} \, d\sigma \quad (32)$$

Voor water is in dit geval:

$$de = c_w dT \quad (33)$$

$$\underline{q} = (q'', 0, 0) \text{ en } \underline{n} = (1, 0, 0) \text{ zie fig. 5} \quad (34)$$

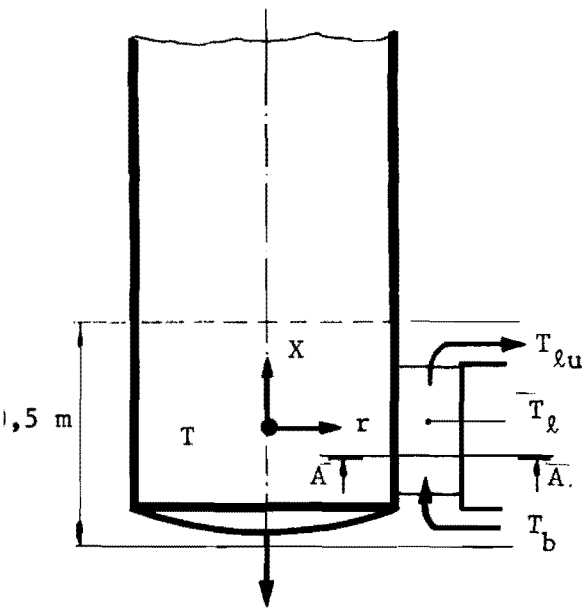
$$q'' = - \lambda \left(\frac{dT}{dr} \right)_{\text{wand}} = - \alpha (T_\ell - T) \quad (35)$$

De totale warmtetransport is dan:

$$q = \iint_F \underline{q}'' \cdot \underline{n} \, d\sigma = - \iint \alpha (T_\ell - T) d\sigma \quad (36)$$

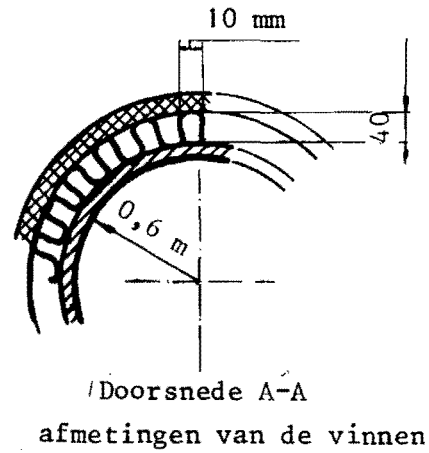
Het gemiddelde rekenkundig temperatuurverschil over het oppervlak is:

$$\Delta T_g = \frac{2 T - T_{\ell u} - T}{2} \quad (37)$$



Onderzijde van het opslagvat.

Fig. 8



Doorsnede A-A
afmetingen van de vinnen

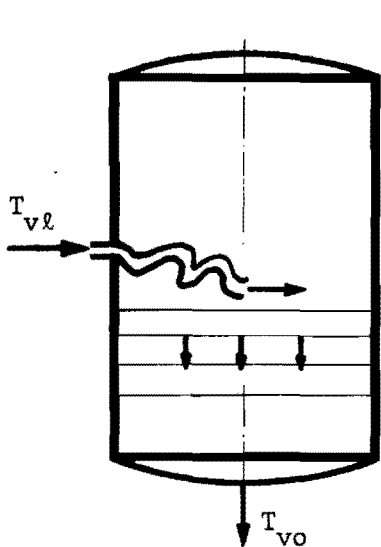


Fig. 9

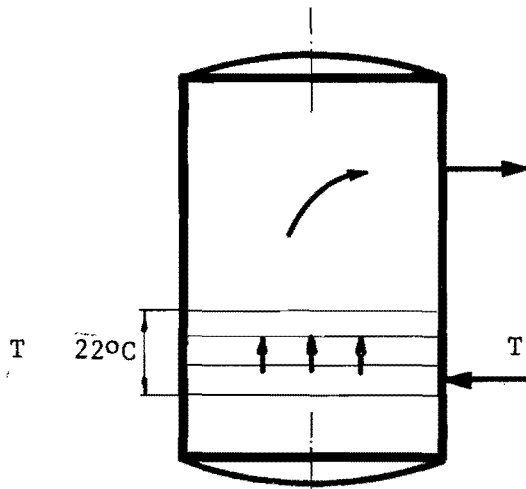


Fig. 10

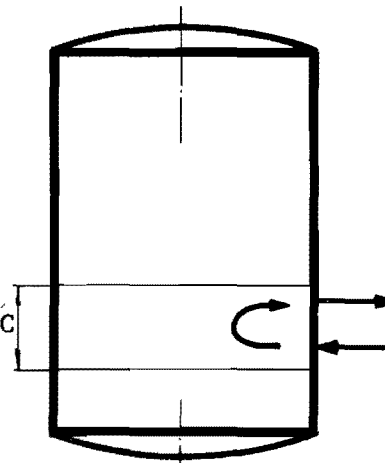


Fig. 11

Verskillende doorstroompatronen.

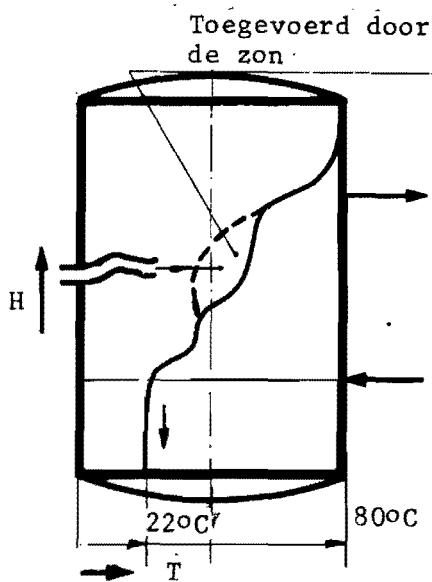


Fig. 12

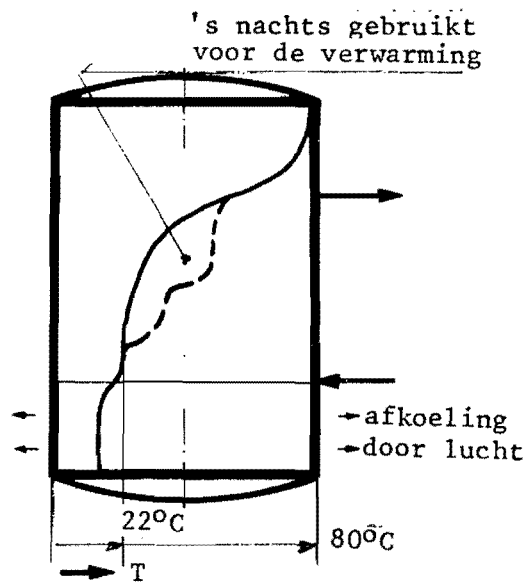


Fig. 13

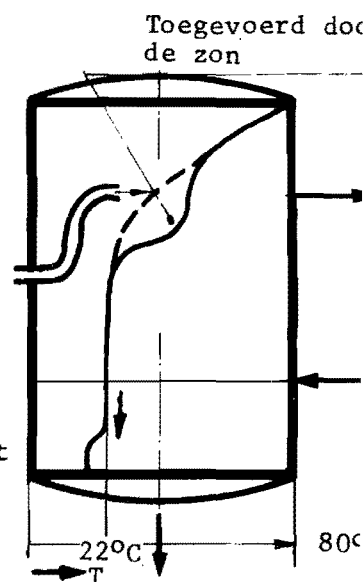


Fig. 14

Het temperatuurprofiel van de opslag.

Samen met (36) wordt de totale warmtestroom dan:

$$q = \frac{2 T - T_{\ell u} - \bar{T}_b}{2} F \cdot \alpha \quad (39)$$

Toegevoerd aan de lucht $q = \dot{m}_\ell C_{p_\ell} (T_{\ell u} - \bar{T}_b)$

Met behulp van (32), (38) en (39) is de volgende differentiaalvergelijking afgeleid:

$$\frac{(\frac{\alpha F}{2} + \dot{m}_\ell C_p) \gamma_\ell \cdot c}{\dot{m}_\ell C_p \alpha F} \frac{dT}{dt} + T = \bar{T}_b \quad (40)$$

De tijdconstante van de afkoeling is:

$$\tau = \frac{(\frac{\alpha F}{2} + \dot{m}_\ell C_p) V_\ell c}{\dot{m}_\ell C_p \alpha F} \quad (41)$$

We zullen αF zo groot moeten kiezen dat er na ± 10 uur een akseptabel temperatuurverschil is ontstaan.

Indien $\tau = 10$ uur, dan is 2/3 van het temperatuurverschil geëlimineerd.

Dan is ook 2/3 van de hoeveelheid warmte onttrokken.

Na uitwerking van (41) bleek een $\alpha F = 200 \text{ W/o}_c$ een $\tau = 10,5$ uur op te leveren.

De daarvoor vereiste vnafmeting bleek ook akseptabel en is weergegeven in fig. 5.

Hierbij is uitgegaan van laminaire stroming en het effectieve V.O. is

$$\text{dan } F = F_{\text{tank}} + \eta_v F_{\text{vin}}$$

Een oplossing van (40) is:

$$T = \bar{T}_b + Ae^{-\frac{1}{\tau} t} \quad (42)$$

Als randvoorwaarde zal de begintemperatuur van het vat genomen worden.

Deze temperatuur zal ± 22°C bedragen.

Hierop wordt in het volgende onderdeel uitvoerig ingegaan.

De temperatuur in het vat als functie van de tijd is dan:

$$T = \bar{T}_b + (22 - \bar{T}_b) \cdot e^{-\frac{1}{\tau} t} \quad (43)$$

Nemen we aan dat in de wintermaanden deze afkoelperiode minstens 16 uur bedraagt, zonder dat de pomp van de kollektor in bedrijf is geweest, dan zal 's ochtends de volgende temperatuur bereikt worden:

$$T_e = 0,78 \bar{T}_b + 4,7 \quad (44)$$

De eerste uren zal de kollektor water van deze temperatuur toegevoegd krijgen, $T_{vo} = T_e$.

Verder houden we aan $T_{vo} > 0$.

Voor de totale warmtebalans speelt deze betrekkelijk grove benadering van voorgaand onderdeel geen rol, omdat de ventilatielucht als aparte post berekend wordt.

Of deze warmte nu onttrokken wordt aan het vat door middel van de vinnen of aan de luchtverhitter, maakt voor de totale balans geen verschil. Voorgaand stuk beoogt alleen de invloed van dit geprojecteerde systeem op het kollektor rendement vast te stellen.

De ventilatielucht zou ook door middel van een regeneratieve warmtewisselaar opgewarmd kunnen worden. Dit is echter geen onderdeel van het onderzoekprogramma.

2. Temperatuurverdeling van het opslagvat.

Een goed model voor het opslagvat is zeer gekompliceerd, omdat het vertikale temperatuurverloop afhankelijk is van meerdere onafhankelijke variabelen, o.a. watertoevoertemperatuur, warmtelast huis met de daarbij behorende vereiste watertoevoertemperatuur, buitentemperatuur in verband met de afkoeling aan de onderzijde en de cirkulatiesnelheden van de kollektor en verwarmingspomp.

Verder is de plaats waar het water toe- of afgevoerd wordt van groot belang. Daarom proberen we eerst het gedrag van dit vat fenomenologisch te om-

schrijven, om van daaruit een akseptabel model af te leiden.

2.1. De kollektor en opslag.

Het water wordt uit het vat gezogen en weer via een slurf toegevoerd naar het overeenkomstig temperatuurniveau. Dit impliceert dat het water vanaf de slurf naar de onderzijde laag voor laag opschuift (zie fig. 9).

Deze opschuifsnelheid is afhankelijk van de pompkapaciteit. Vanaf de slurf naar onderen zal het temperatuurprofiel overeenkomstig de toevoer van de kollektor zijn.

Als de kollektortemperatuur de temperatuur van de onderzijde van het vat dicht nadert, dan wordt via een temperatuurverschilregeling de pomp uitgeschakeld (zie fig. 1).

2.2. Het verwarmingssysteem en de opslag.

Afhankelijk van de warmtebehoefte zal er laag of hoog water worden onttrokken aan de tank. Dit stroomt via de luchtverhitter terug in het vat op ± 80 cm vanaf de bodem (zie fig. 1 en 10). Indien we de invloed die de kollektor hierop heeft nog even buiten beschouwing laten, dan zal het eerste deel van het temperatuurprofiel in het vat, dat van de retour watertemperatuur van de luchtverhitter zijn.

De ingangstemperatuur van de luchtverhitter is $\pm 19^{\circ}\text{C}$ en daaruit volgt dat de retour temperatuur van het water ongeveer 22°C zal zijn, omdat het V.O. van deze luchtverhitter aan de ruime kant gehouden is.

De opschuifsnelheid van de laag van 22°C hangt ook af van de pompkapaciteit.

Als de warmtebehoefte minimaal is, dan zal het water alleen in de onderste laag circuleren (zie fig. 11) en daalt de watertemperatuur totdat deze de luchttemperatuur nadert.

Is er helemaal geen warmte nodig, dan wordt de pomp stilgezet door een eindkontakt op de servometer en stopt de circulatie.

2.3. Het gehele opslagsysteem.

Indien we voorgaande beschrijvingen 2.1. en 2.2. combineren, dan

zal het vat zich gedurende 24 uur als volgt kunnen gedragen:

Als we uitgaan van een dag dat de zon enige warmte heeft toegevoerd en de kollektor enige uren in bedrijf is geweest, dan is een temperatuurprofiel mogelijk volgens fig. 12.

De temperatuur aan de onderzijde van het vat is door het in 2.1. omschreven opschuifproces 22°C geworden (zie ook fig. 9).

Gedurende de gehele nacht koelt het vat aan de onderzijde af en ook de kolom van 22°C naar boven toe wordt groter, zie fig. 10 en 13.

Indien de kollektor 's ochtends op gang komt als hij een positieve bijdrage kan leveren, dan zal hij gedurende 2 uur water van lage temperatuur toegevoerd krijgen, totdat de 22°C laag de onderzijde bereikt (zie fig. 14 en 9).

Een zonnige dag in maart is doorgerekend met als resultaat fig. 15. Hieruit blijkt dat twee pompuren van lage temperatuur een goede benadering kan zijn, indien de pompcapaciteit ± 700 l/h bedraagt. Bij sombere dagen wordt deze situatie nog gunstiger, omdat dat het afkoelproces langer doorloopt en de aanvoer temperatuur naar de kollektor nog lager wordt.

Dit laatste is niet opgenomen in het komputerprogramma en daarom zullen de werkelijke resultaten gunstiger kunnen uitvallen.

De temperatuurverdeling aan de bovenzijde van het vat is afhankelijk van vele factoren en zal als functie van de tijd een grillig verloop hebben.

Voor dit komputermodel zijn we echter alleen geïnteresseerd in de temperatuur aan de onderzijde van het vat, in verband met de beïnvloeding van de kollektor.

De totale warmtebalans wordt niet beïnvloed door het betreffende temperatuurprofiel.

De problemen doen zich pas voor als er in de tank zoveel warmte is opgeslagen, dat ook de temperatuur aan de onderzijde gaat oplopen.

Als W_{\max} de maximale warmte-inhoud van de opslag is, berekend van 22°C tot 80°C, dan is de toevoertemperatuur naar de kollektor:

1) Als $W < \frac{1}{2} W_{\max}$:

Indien het aantal pompuren $K \leq 2$ dan:

$$T_{vo} = 0,78 \bar{T}_b + 4,7$$

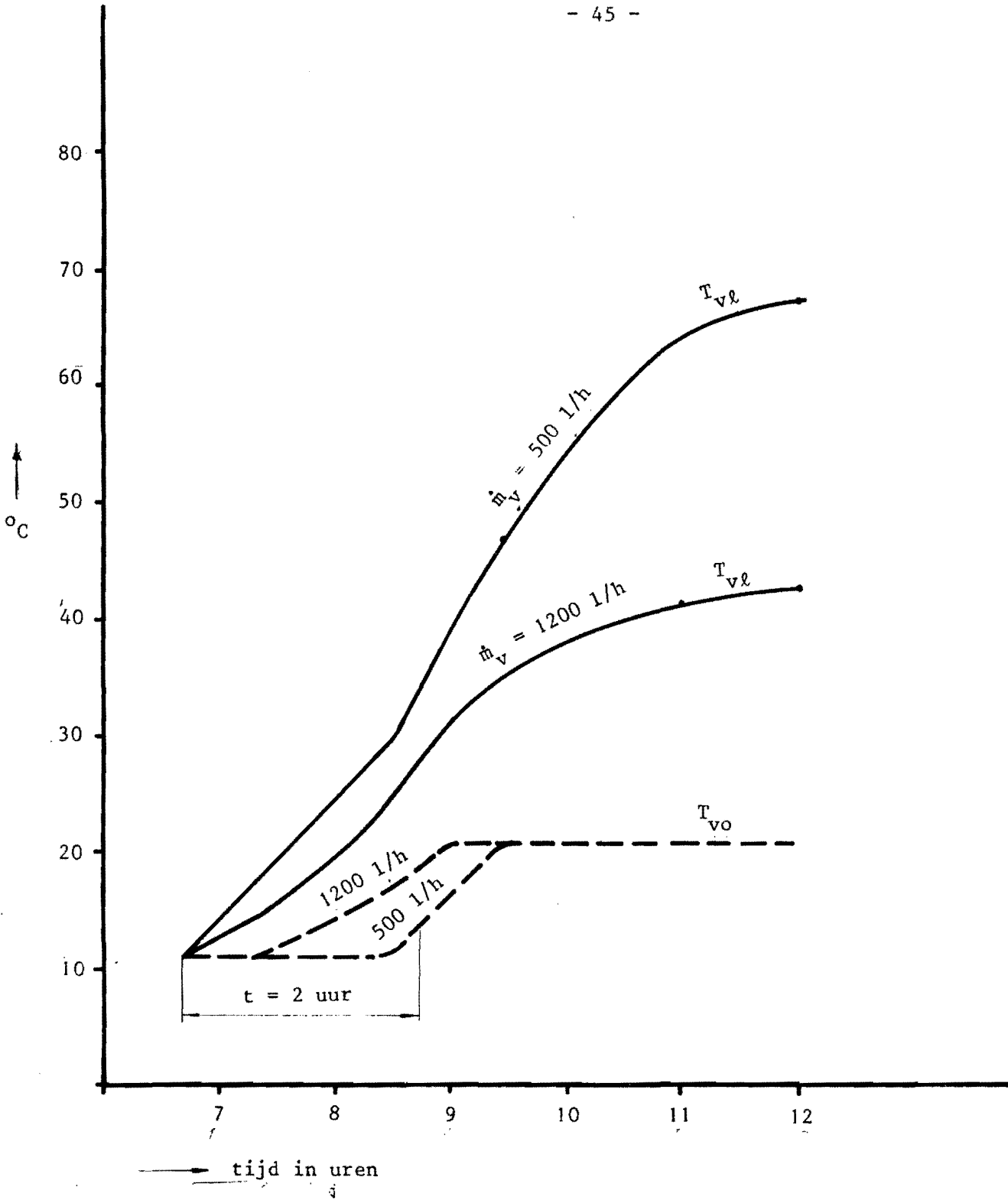


Fig. 15

Verloop van de watertemperatuur van de kollektor op een zonnige dag in maart bij verschillende doorstromingshoeveelheden.

Als $K > 2$ dan:

$$T_{vo} = 22^{\circ}\text{C} \quad (45)$$

2) Als $W > \frac{1}{2} W_{\max}$:

Indien het aantal pompuren $K \leq 2$ dan:

$$T_{vo} = 0,78 \bar{T}_b + 4,7$$

Als $K > 2$ dan:

$$T_{vo} = 22 + 2 (W - \frac{1}{2} W_{\max}) / V_e C_w \quad (46)$$

We laten de temperatuur T_{vo} lineair oplopen naar 80°C als functie van de warmte-inhoud van de opslag.

3) In de zomermaanden vervalt de afkoeling van de onderzijde van het vat, omdat er anders teveel warmte naar de woning gevoerd wordt. Alleen (45) en (46) gelden dan nog.

SYMBOLLEN.

B	breedte kollektor	m
C	verliesfaktor	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
C_p	soortelijke warmte vloeistof	$J/kg \cdot ^\circ C$
C_w	soortelijke warmte van water	$J/kg \cdot ^\circ C$
F	oppervlak	m^2
k	transmissiecoëfficiënt	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
L	lengte kollektor	m
\dot{m}	massastroom	kg/s
q	warmtestroom	W
q''	warmtestroom dichtheid	W/m^2
R	warmteweerstand	$m^2 \cdot ^\circ C/W$
T_b	buitentemperatuur	$^\circ C$
T_o	oppervlaktetemperatuur kollektor	$^\circ C$
T_v	vloeistoftemperatuur in de kollektor	$^\circ C$
$T_{v\ell}$	eindtemperatuur van de vloeistof door de kollektor	$^\circ C$
T_{vo}	begintemperatuur van de vloeistof door de kollektor	$^\circ C$
W	warmte-inhoud opslagtank	kWh
α	warmteoverdrachtscoëfficiënt	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
η	doorlaatbaarheidsfaktor van glas	-
η_{kol}	kollektor rendement	-
λ	warmtegeleidingscoëfficiënt	$W/m \cdot ^\circ C$

REFERENTIES.

- 1 Van Koppen, C.W.J.
Zonne-energie voor huisverwarming en warmwatervoorziening,
Rapport WPS3-74.11.R222, T.H. Eindhoven, 1975.
- 2 Oegeman, S.W.T.M.
De digitale berekening van de gereflecteerde, geabsorbeerde en
doorgelaten zonnestraling bij zonwering,
Rapport 332-IV, TPD TNO-THD.
- 3 Nobels, J.
De zonnebelasting bij vlakke gevels.
Rapport 503.223-1, TPD TNO-THD.
- 4 Den Ouden, C.
De mogelijkheden in Nederland voor het gebruik van zonne-energie
voor ruimteverwarming en warmwatervoorziening.
Rapport NR. 402.231, TPD-TNO-TH, jan. 1975.
- 5 Hoogendoorn, C.J. en Den Ouden, C.
Het rendement van zonnewarmte-collectoren bij nederlandse meteo-
rologische condities,
TPD-rapport nr. 336, augustus 1974.
- 6 De Jong, J.
Materialen voor opvang- en afdekplaten van zonnecollectoren.
Rapport NR. 336-a, TPD TNO-TH.
- 7 Klein, S.A.
Calculation of flat-plate collector loss coefficients.
Solar Energy, vol. 17, pp 79-80, Pergamon Press 1975.
- 8 Experimenten uitgevoerd bij de TH-Eindhoven door de heer
P.A. van Bruggen, student T.H. Delft.
Een verslag van deze experimenten is in voorbereiding.