

E 330

27/5-0

Bibliotheek Hoofdkantoor TNO
's-Gravenhage

12 MAART 1980

3/00/79

VOORDRACHT 5

TOE TE STANE RAAMGROOTTE EN VEREISTE ZONWERING IN GEBOUWEN ZONDER
MECHANISCHE KOELING.

IR. P. EUSER

TNO
5246

1. INLEIDING.

In het ontwerpstadium van een gebouw komt vaak de vraag aan de orde of bij de overwogen opbouw en samenstelling van de gevels een aanvaardbaar binnenklimaat in de zomer mogelijk is zonder toepassing van mechanische koeling.

Door het beschikbaar komen van computerprogramma's voor de berekening van de binnentemperaturen en van de warmte- en koudebehoefte in gebouwen, is in principe een goede voorspelling van het binnenklimaat te maken. Vooral de recente programma's bieden veel mogelijkheden en geven betrouwbaar gebleken uitkomsten. In sommige programma's kan men werkelijke weersgegevens invoeren, hetgeen over het dynamisch thermische gedrag van het gebouw een realistisch beeld geeft.

Hoewel het gebruik van deze programma's geleidelijk aan toeneemt, blijkt er steeds ook behoefte te bestaan aan een meer eenvoudige, globale methode, waarmee men zich vooral in de eerste stadia van een gebouwontwerp snel een voordeel kan vormen. Om in deze behoefte te voorzien werd door de Technisch Fysische Dienst TNO-TH (TPD) met financiële steun en technische begeleiding van de Stichting Bouwresearch een onderzoek verricht. In deze voordracht zal over dit onderzoek een samenvatting worden gegeven. Getoond zal worden hoe de ontwerper met behulp van de uit dit onderzoek verkregen grafieken en formules het thermische effect van enige belangrijke gegevens van het gebouw, zoals gevel, ligging, massa en diepte, eenvoudig kan bepalen. In het bijzonder is vast te stellen bij welke dimensionering van deze grootheden - met name de gevel en daarvan de beglazing en zonwering - aan de behaaglijkheidseisen zonder toepassing van mechanische koeling kan worden voldaan, of dat besloten moet worden tot zomerconditionering met behulp van een volledige klimaatregelingsinstallatie.

De resultaten van dit onderzoek zouden aldus een bijdrage kunnen leveren bij de afweging van enkele belangrijke aspecten zoals thermisch comfort, kosten en energieverbruik, welke afweging zich bij elk nieuwbouwproject voordoet als de grootte, de functie en de locatie van het gebouw eenmaal vastliggen.

2. OPZET VAN HET ONDERZOEK.

Gekozen werden drie uiteenlopende vertrektypen met hoofdafmetingen en wandsamenstellingen zoals die in kantoorgebouwen en woningen vaak voorkomen. Voor deze vertrekken werden berekend de vertrek-luchttemperaturen gedurende de maanden juni, juli en augustus van een voor de meteorologische condities representatief te achten jaar. Daarbij werden de volgende grootheden gevarieerd: de beglazing (enkel, dubbel, blank, absorberend, reflecterend, emissieverlagende coating, gasvulling), de zonwering (binnen, buiten, tussen), het glasoppervlak, de geveloriëntatie, terwijl voor enige andere grootheden, zoals de interne warmtelast en de hoeveelheid ventilatielucht, bepaalde uitgangswaarden werden gekozen, die alleen in enkele gevallen werden gevarieerd. Uit de berekende vertrek-luchttemperaturen werden afgeleid de maximale waarden alsmede het aantal overschrijdingen voor twee gekozen temperaturenniveaus namelijk $26,0^{\circ}\text{C}$ en $28,0^{\circ}\text{C}$. De aldus gevonden getalwaarden werden vervolgens verwerkt tot een aantal grafieken en formules voor praktisch gebruik.

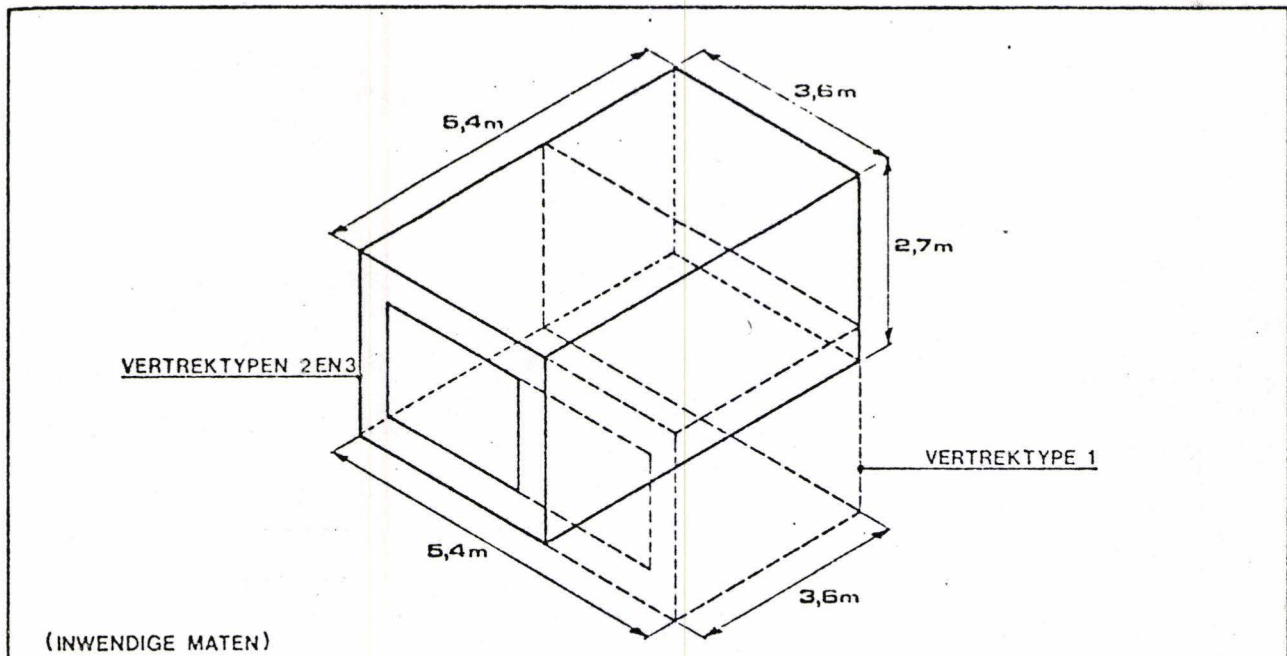
3. BOUWFYSISCHE UITGANGSPUNTEN, BEGRIPPEN EN GROOTHEDEN.

De hoofdafmetingen en de wandsamenstellingen van de drie gekozen vertrektypen (aangeduid door VT = 1, 2 en 3) zijn gegeven in figuur 1.

Bij de berekeningen is verondersteld dat in de aangrenzende ruimten identieke toestanden heersen. Hoewel de berekeningen beperkt moesten blijven tot slechts deze drie, maar dan ook nauw omschreven vertrekken, is bij de verwerking van de rekenuitkomsten tot de gebruikresultaten een algemene vertrekgrootheid ingevoerd, teneinde de eindresultaten ook voor andere vertrekken toepasbaar te maken. Deze grootheid is de specifieke vertrekmasa SM genoemd, gedefinieerd door:

$$SM = \frac{\sum f_w M_w}{A_{\text{gevel}}} \quad (1)$$

waarin M_w de massa van elk der vertrekbe grenzingen, f_w een weeg-faktor voor het thermisch dynamisch effect van de wanden en A_{gevel} de oppervlakte (binnenwerks) van de gevelwand (inclusief de ramen) voorstellen.



	VERTREKTYPE 1 ONDIEP, MIDDEL ZWAAR	VERTREKTYPE 2 EFFECTIEVE MASSA VRIJ GROOT	VERTREKTYPE 3 EFFECTIEVE MASSA VRIJ KLEIN
VLOER EN PLAFOND	<p>tapijt</p> <p>beton, dikte 0,20m</p> <p>$\rho d(\text{kg/m}^3)$</p> <p>502</p>	<p>beton, dikte 0,20m</p> <p>$\rho d(\text{kg/m}^3)$</p> <p>500</p>	<p>tapijt</p> <p>spouw</p> <p>zachtboard</p> <p>beton, dikte 0,20m</p> <p>$\rho d(\text{kg/m}^3)$</p> <p>508</p>
SCHEIDINGSWANDEN	<p>260</p>	<p>260</p>	<p>40</p>
GANGWAND	<p>40</p>	<p>260</p>	<p>40</p>
NIET-TRANSPARANTE DEEL BUITENWAND	<p>R=0,86</p>	<p>R=0,86</p>	<p>R=0,86 (m²K)/W</p>
GEVELOPPERVLAK	14,6 m ²	9,7 m ²	9,7 m ²
SPECIFIEKE MASSA VAN HET VERTREK	SM= 693 kg/m ³	1521 kg/m ³	588 kg/m ³

Fig. 1: De hoofdafmetingen van de gekozen vertrektypen 1, 2 en 3, alsmede de massa van de wanden per m² (ρd) en de specifieke massa van de vertrekken SM.

Voor de weegfactor f_w van de verschillende vertrekbegrenzungen kunnen, afhankelijk van de situatie, de volgende globale waarden worden aangehouden:

	f_w
homogene scheidingswanden tussen identieke vertrekken	: 0,5
homogene gangwand: - indien condities in de gang identiek	: 0,5
- indien gangtemperatuur duidelijk lager is dan die in het vertrek	: 1,0
vloer: - zonder isolerende laag aan vloerzijde	: 0,5
- met isolerende laag aan vloerzijde	: 0,25
plafond: - zonder isolerende laag aan plafondzijde	: 0,5
- met isolerende laag aan plafondzijde	: 0,25
buitenwand	: 0,5

Kolommen en andere massieve elementen of objecten zijn afzonderlijk in rekening te brengen. Bevinden deze zich geheel in het vertrek dan is daarvoor $f_w = 1$ te stellen. Ook de 'overige' gangmassa is eventueel in rekening te brengen door de f_w -waarde van de gangwand $> 1,0$ te stellen, al is duidelijk dat men dan omzichtig te werk moet gaan.

Overigens geeft de grootheid SM het dynamische gedrag van een vertrek slechts globaal weer. Hoe minder een vertrek qua opbouw afwijkt van de hier gekozen vertrektypen des te nauwkeuriger zal bij inter- of extrapolatie het resultaat zijn. Een praktische voorwaarde is dat de waarde van SM eenvoudig te bepalen moet zijn. Aan deze voorwaarde lijkt de ingevoerde omschrijving en hantering van SM wel te voldoen. De samenstelling van het *niet-transparante deel van de (ene) buitenwand* werd in eerste instantie niet gevarieerd. Dit wandgedeelte werd opgebouwd gedacht uit isolatiemateriaal met verwaarloosbare warmtecapaciteit en een warmteweerstand van (destijds conventioneel) $0,86 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$. In enkele gevallen werd een hogere warmteweerstand en/of -capaciteit genomen. Variabel was nominaal zodoende alleen de oppervlakte.

Het glasoppervlak werd bij de basisberekeningen gevarieerd in stappen van 25,50 en 75% van het totale binnenoppervlak van de buitenwand. Deze grootheid wordt hier het *percentage glas PG* genoemd. In de eindresultaten komt het percentage glas als continue variabele voor.

grootte die, evenals het glasoppervlak, de zonbelasting voor de binnentemperatuur in sterke mate bepaalt, is de *transmissiefactor* ZTA van het zonweringssysteem (steeds op te vatten als bestaande uit de beglazing + het eventuele zonweringssysteem). De grootte ZTA is gedefinieerd door (zie ook figuur 1):

$$\frac{\text{in het zonweringssysteem binnenkomende zonne-energie}}{\text{aan buiten op het zonweringssysteem vallende zonne-energie}} \quad (2)$$

$$\text{binnentemperatuur} = \text{buitentemperatuur}$$

Ten aanzien van de afgifte van zonnewarmte naar binnen en naar buiten is de zontooetreding met de grootte ZTA nog slechts ten dele te zeggen. Voor de stijging van de vertrekkluchttemperatuur is mede bepalend welk deel van de binnenkomende warmte uit de zonnegedreven warmte en welk deel uit stralingswarmte bestaat, tenzij het verloop van de vertrekkluchttemperatuur gedurende het verloop van de warmteweerstand - of de reciproke waarde daarvan (zie ook figuur 2) mede bepalend is. Om het eerst bedoelde effect te kwantificeren is ingevoerd de *convectiefactor* CF, gedefinieerd door:

$$\frac{\text{in het zonweringssysteem door convectie binnenkomende zonne-energie}}{\text{in het zonweringssysteem binnenkomende zonne-energie}} \quad (3)$$

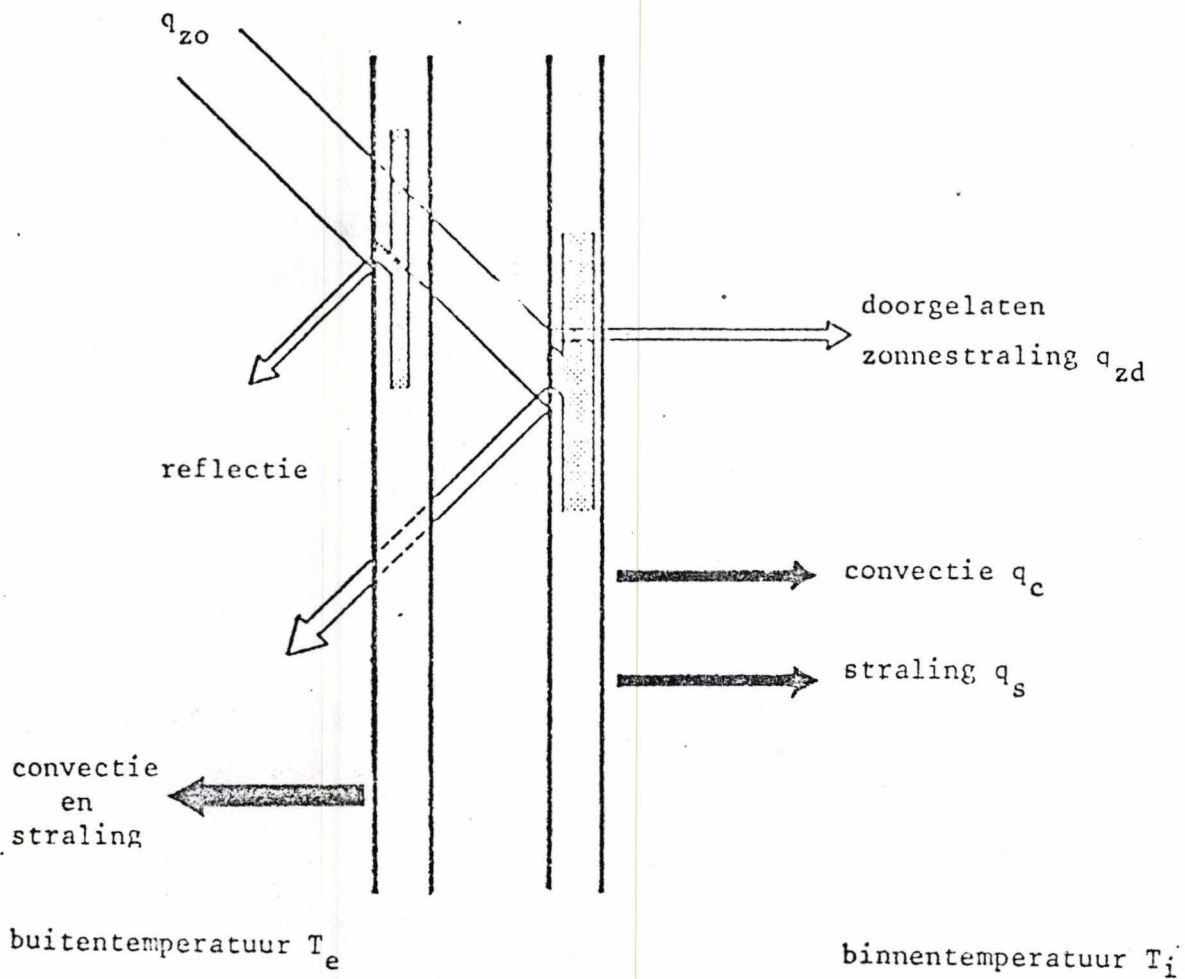
De CF-waarde gedefinieerd is door:

$$\frac{\text{warmtestroom van binnen naar buiten per oppervlakte-eenheid}}{\text{verschil tussen binnen- en buitentemperatuur}} \quad (4)$$

onder zombestraling

In de berekeningen is ten aanzien van de CF-factor slechts onderscheid gemaakt tussen systemen met een hoge CF-waarde (systemen met zonwering). Met de genoemde drie grootheden ZTA, CF en k zijn voldoende eigenschappen van zonweringssysteem voldoende te beschrijven.

De berekeningen en in de eindresultaten voorkomende zonweringssystemen (aangeduid door ZS) werden onderverdeeld in vier hoofdcategorieën:



$$ZTA = \frac{q_{zd} + q_c + q_s}{q_{zo}}, \quad T_i = T_e$$

$$CF = \frac{q_c}{q_{zd} + q_c + q_s}, \quad T_i = T_e$$

$$k = \frac{q_t}{\Lambda(T_i - T_e)}, \quad q_{zo} = 0$$

Fig. 2: De reflectie, absorptie en doorlating van zonnestraling, convectie- en stralingsstromen aan het binnen- en buitenoppervlak alsmede de uitdrukkingen voor ZTA, CF en k bij een tweevlakszonweringssysteem.

ZS = 1:	[enkel glas, blank of gekleurd eventueel met buitenzonwering normale emissiefactoren]	- zonder binnenzonwe- (1A) ring
		- met binnenzonwering (1B)
ZS = 2:	[dubbel glas, blank, gekleurd of reflecterend eventueel met buitenzonwering normale emissiefactoren]	- zonder binnenzonwe- (2A) ring
		- met binnenzonwering (2B)
ZS = 3:	[dubbel glas, zonreflecterend, voorzien van coating met lage emissiefactor]	- zonder binnenzonwe- (3A) ring of gordijn
		- met binnenzonwering (3B) of gordijn
ZS = 4:	[dubbel glas met gasvulling, coating met lage emissiefactor eventueel met buitenzonwering]	- zonder binnenzonwe- (4A) ring
		- met binnenzonwering (4B)

In het onderzoek werden enige uitvoeringsvormen van dubbel glas en tussenjaloezieën afzonderlijk beschouwd, vanwege de bijzondere opbouw van deze systemen, met name als de spouw tussen de beide glasvlakken wordt geventileerd. Het bleek overigens dat dit zonweringstype bij goede benadering toch door middel van de ZTA-, CF- en k- waarden binnen de bovengenoemde vier categorieën is te behandelen. Hier moet nog vermeld worden dat in het computerprogramma waarmee de vertrektemperaturen berekend zijn, de zonweringssystemen niet door middel van ZTA, CF en k worden gesimuleerd, doch met behulp van zogenaamde netwerkmodellen die de reflectie, absorptie en doorlating van de zonnestraling, alsmede de warmteoverdracht in en aan buiten- en binnenzijde van een systeem, die onder andere afhankelijk is van de heersende temperaturen en temperatuurverschillen, volledig beschrijven. Met dezelfde modellen zijn tevens voor elke 'zonweringssituatie' de grootheden ZTA, CF (bij binnen- = buitentemperatuur) en k (zonder zonbestraling) berekend, welke grootheden daarna alleen dienden om de resultaten praktisch hanterbaar te maken. Van diverse zonweringssystemen zijn ZTA, CF en k namelijk redelijk goed bekend. Figuur 3 geeft een overzicht. Voor uitvoeriger gegevens word verwezen naar [1] [2] .

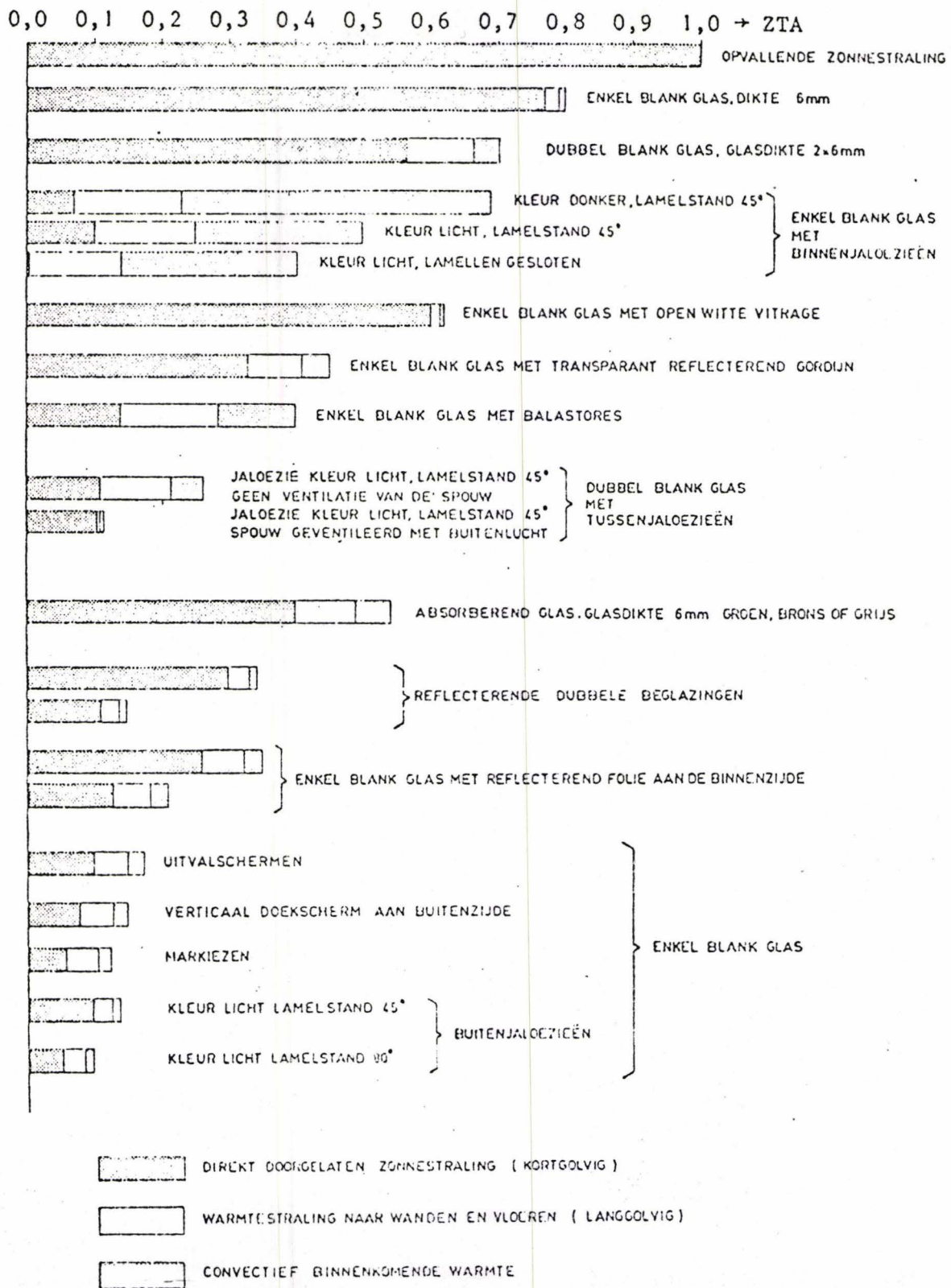


Fig. 3: De zontoetredingsfaktor ZTA voor verschillende beglazingen en zonweringen.

In de berekeningen werden de geveloriëntaties oost, zuid, west en voor een enkel geval ook noord beschouwd. In de gebruiksgrafieken komen voor: zuid en west gemiddeld, terwijl voor oost een vermenigvuldigingsfactor kon worden ingevoerd.

4. KLIMAATTECHNISCHE UITGANGSPUNTEN.

Interne warmtebelasting.

Daar het in dit onderzoek primair gaat om de invloed van de zoninstraling en omdat er verder van uitgegaan is dat de gebruiker van een niet mechanisch geconditioneerd gebouw de kunstverlichting vooral op zonnige warme dagen, zoveel als de verlichtingssterkte dit toelaat, uitgeschakeld houdt, is in eerste instantie gerekend met een interne warmtebelasting die in hoofdzaak bepaald wordt door de warmte-afgifte van personen. Voor normale kantoorwerkzaamheden is deze te stellen op 70 W per persoon. Bij een vloeroppervlak van 20 m^2 en twee personen per vertrek betekent dit 7 W/m^2 vloeroppervlak. Nominaal is gerekend met een interne warmtelast van 10 W/m^2 , dat wil zeggen naast de warmte-afgifte van twee personen treedt tijdens de genoemde omstandigheden een warmteontwikkeling op van niet meer dan 60 W per vertrek.

Voor enkele situaties is 30 W/m^2 aangehouden, teneinde een schatting te kunnen maken over het effect van een geheel of grotendeels ingeschakelde 'conventionele' kunstverlichting.

Verder is aangenomen dat deze belastingen alleen gedurende de kantoor tijden en dan ononderbroken optreden. De kantoor tijd werd normaal gerekend van 07.40 - 16.40 uur MET (of 08.40 - 17.40 uur zomertijd), in een enkel geval van 08.40 tot 17.40 MET.

Vertrekventilatie.

De volgende overwegingen werden in aanmerking genomen.

Bij mechanische ventilatie wordt de hoeveelheid aangezogen lucht minstens gelijk aan de voor de verversing benodigde hoeveelheid genomen. In dat geval is het luchtdebiet ook vrij constant.

Voor een goede luchtdoorstroming van de vertrekken wordt dikwijls een luchtcirculatie van drie maal de vertrekinhoud per uur als uitgangspunt genomen.

Bij natuurlijke ventilatie kan de luchthoeveelheid vrij sterk variëren, afhankelijk van de winddrukverdeling en met name wanneer de ramen worden geopend als het binnen te warm wordt.

In gebouwen zonder mechanische koeling, waar het hier om gaat, kan het temperatuur-niveau in de vertrekken verlaagd worden door een verhoogde mechanische ventilatie toe te passen en bijvoorbeeld eveneens door 's nachts door te ventileren.

Op grond van het bovengenoemde en rekening houdend met de mogelijkheden van het gebruikte computerprogramma, zijn de berekeningen in alle gevallen uitgevoerd voor een ventilatie met lucht van buitenluchttemperatuur en een debiet overeenkomend met drie luchtwisselingen per uur tijdens kantoortijd ($N = 3$) en een halve luchtwisseling per uur buiten kantoortijd ($N = 0,5$) dit gedurende drie maanden achtereenvolgend. In sommige gevallen is ook met een lager en een hoger ventilatievoud tijdens kantoortijd ($N = 1$ resp. 5) gerekend (buiten kantoortijd wederom $N = 0,5$).

5. BEREKENINGSMETHODE.

Bij berekening van de gemiddelde binnenluchttemperatuur in de vertrekken en voor de omstandigheden zoals besproken in par. 3.1 is gebruik gemaakt van een computerprogramma dat bij de TPD enige jaren geleden werd ontwikkeld. Het basisprogramma is beschreven in [4]. Met dit programma kunnen vertrektemperaturen en warmte- en koudebehoefte in vertrekken worden berekend voor een beperkte reeks van de dagen van dezelfde zonbelasting en buitentemperatuur. Van dit programma werd later een modificatie gemaakt waarmee het mogelijk is lange perioden door te rekenen, zonder dat dit hoge rekenkosten met zich mee brengt. Dergelijke berekeningen worden gedaan om bijvoorbeeld temperatuuroverschrijdingen te kunnen uitrekenen, zoals in het onderhavige onderzoek, of om de uurlijkse warmte- en koudebehoefte voor een geheel jaar te kennen als invoergegeven bij de berekening van het jaarlijkse energieverbruik van klimaatregelingsinstallaties. Bij deze jaarberekeningen worden de weersgegevens vanaf data-banden van het KNMI in De Bilt in de vorm van uurlijkse waarden aan het rekenmodel toegevoerd, voor elke gewenste periode uit de jaren 1961 - 1975.

Het laatstbedoelde programma voor jaarberekeningen is in dit onderzoek gebruikt. Het is beschreven in [6].

Het bestek van deze voordracht laat een verdere beschrijving van het toegepaste computerprogramma en van de verder gevolgde berekeningsmethode niet toe. Verwezen wordt naar [7]. Figuur 4 geeft een blokschema.

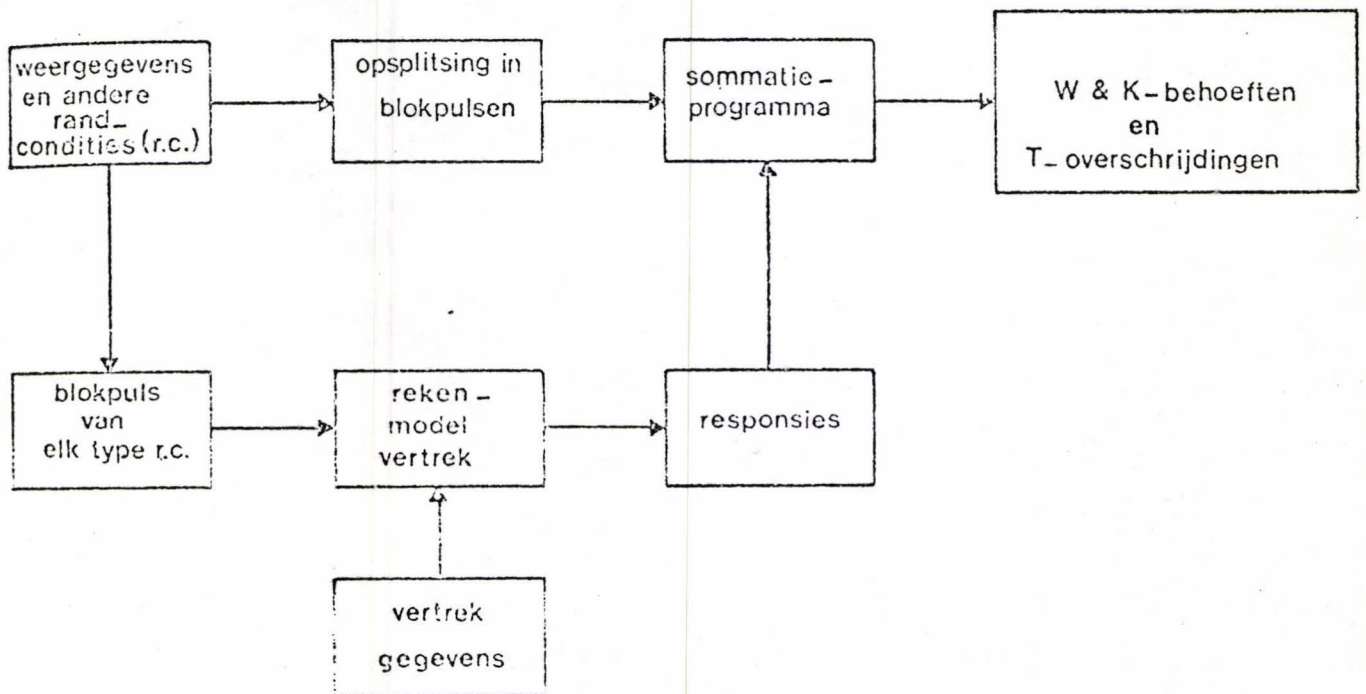


Fig. 4: Schema van de temperatuuroverschrijdingsberekening bij het toegepaste computerprogramma.

6. DE GEHANTEERDE BEHAAGLIJKHEIDSCRITERIA EN DE INGEVOERDE BEREKENINGSGROOTHEDEN.

In de klimaattechniek wordt bij de berekening van maximale koelbelastingen er veelal van uitgegaan dat de binnentemperatuur gehandhaafd wordt op 22 à 24 °C. Worden de ontwerp-buitencondities vrij extreem gesteld, dan behoeven in dat geval, als de interne warmtelasten niet toenemen, geen of slechts weinig temperatuuroverschrijdingen te worden verwacht.

Indien echter bij het gebouwtwerp eerst bezien moet worden of het binnenklimaat in het gebouw ook zonder mechanische koeling is te beheersen, door de keuze van de gebouweigenschappen en/of door

aanpassing van de mechanische ventilatie, dan vraagt dit nadere gegevens over eventueel toe te stane hogere temperaturniveaus. Voor het aangeven van toe te stane temperaturen, die hoger zijn dan de gebruikelijke 22 à 24 °C bij volledige conditionering, is hier gebruik gemaakt van gegevens uit de recente literatuur.

Aan [10] is de grafiek in figuur 5 ontleend, waarin voor twee situaties, die verschillen in luchtbeweging, de behaaglijkheidsgrenzen zijn aangegeven als 'bovengrens' en 'benedengrens', beide overeenkomende met een percentage ontevreden van 15%.

De verdere gegevens van deze situaties zijn de volgende:

- arbeidsbelasting $M = 90 \text{ W per m}^2$ lichaamsoppervlak (normale kantoorwerkzaamheden)
- clo-waarde van de kleding, $I_{cl} = 0,60 \text{ clo}$ (zomerkleding)
- expositietijd: 4 uur
- luchtsnelheid: $v = 0,25 \text{ m/s}$ respectievelijk 1 m/s (in de onmiddellijke omgeving van de persoon)

Situaties waarbij de luchtsnelheid in het vertrek enkele tienden meter per seconde bedraagt, komen meestal alleen voor in gesloten vertrekken, bij niet te grote temperatuurverschillen. Bij geopende ramen en/of deuren, kunnen zoals men uit eigen ervaring ook weet, belangrijk hogere luchtsnelheden voorkomen. Dit is van veel invloed op de nog te accepteren temperatuur.

De grafiek van figuur 5 laat zien dat bij een luchtsnelheid van 1 m/s de binnentemperatuur 2 à 3 K hoger mag zijn dan bij een luchtsnelheid van $0,25 \text{ m/s}$, bij gelijke overige omstandigheden. Anderzijds neemt de kans op tocht bij hogere snelheid toe.

Afzonderlijke aandacht verdient hier recent onderzoek over de reactie van personen op temperaturen die in de loop van de dag toenemen. Uit het in [11] beschreven onderzoek aan proefpersonen die gedurende een dag normale kantoorwerkzaamheden uitvoerden in een ruimte waarin de lucht (= stralingstemperatuur) met $0,6 \text{ °C/h}$ werd opgevoerd van 23 tot $27,8 \text{ °C}$, bleek dat de temperatuur waarbij niet meer dan 20% ontevreden geregistreerd werd $27,0 \text{ °C}$ bedroeg bij een r.v. verlopend van circa 85 naar 65% en $27,2 \text{ °C}$ bij een r.v. verlopend van circa 45 naar 35%. De luchtbeweging was relatief gering en constant: de luchtsnelheden bedroegen circa $0,1 \text{ m/s}$, de clo-waarde bedroeg 0,5.

Op grond van de bovengenoemde gegevens en rekening houdend met de relatief hoger r.v.-waarden die in de zomer in niet-geconditioneerde ruimten kunnen voorkomen (omdat de luchtvochtigheid buiten ook hoog kan zijn), werden twee temperatuurniveaus gekozen, die bij de verwerking van de basisuitkomsten tot de eindresultaten als uitgangspunt hebben gediend, en wel de al eerder genoemde niveaus 26°C en 28°C .

Het temperatuurniveau van 26°C wordt onder zomeromstandigheden (r.v.'s tot 80%, en buitentemperaturen van 25°C en hoger) als maximum toelaatbaar geacht in ruimten waar de luchtsnelheden niet groter zijn dan circa 0,2 m/s.

Het temperatuurniveau van 28°C wordt onder zomeromstandigheden als maximum toelaatbaar geacht in ruimten waar de luchtsnelheid, tijdelijk, door het openen van ramen en deuren of anderszins, in de orde van 0,5 m/s bedraagt.

Er moet nadrukkelijk gesteld worden dat de ingevoerde temperatuurniveaus van 26 en 28°C voor de twee onderscheiden situaties (geringe respectievelijk relatief sterke luchtbeving) duidelijk als grenswaarden bedoeld zijn:

- a) de 'bovengrens uit figuur 11 betekent al 15% ontevreden, b) dit percentage kan als gevolg van de jaarlijkse spreidingen hoger zijn (weliswaar ook lager).

Uiteindelijk werden de volgende, ook in de eindresultaten voorkomende, grootheden berekend.

TMAX : de hoogste waarde van de vertrekluchttemperatuur opgetreden in de maanden juni, juli en augustus van de gekozen gemiddelde zomerperiode.

M26 (\bar{w} , 3 m) : het aantal uren waarop de vertrekluchttemperatuur het niveau 26°C in de genoemde drie maanden gemiddeld per week (\bar{w}) respectievelijk in deze gehele periode totaal (3 m) heeft overschreden.

M28 (\bar{w} , 3 m) : het aantal uren waarop de vertrekluchttemperatuur het niveau 28°C in de beschouwde drie maanden gemiddeld per week (\bar{w}) respectievelijk (3 m) heeft overschreden.

Een week wordt gesteld op 5 werkdagen. Het maximum aantal overschrijdingsuren in de genoemde drie maanden is dan bij 9 kantooruren per dag : 585.

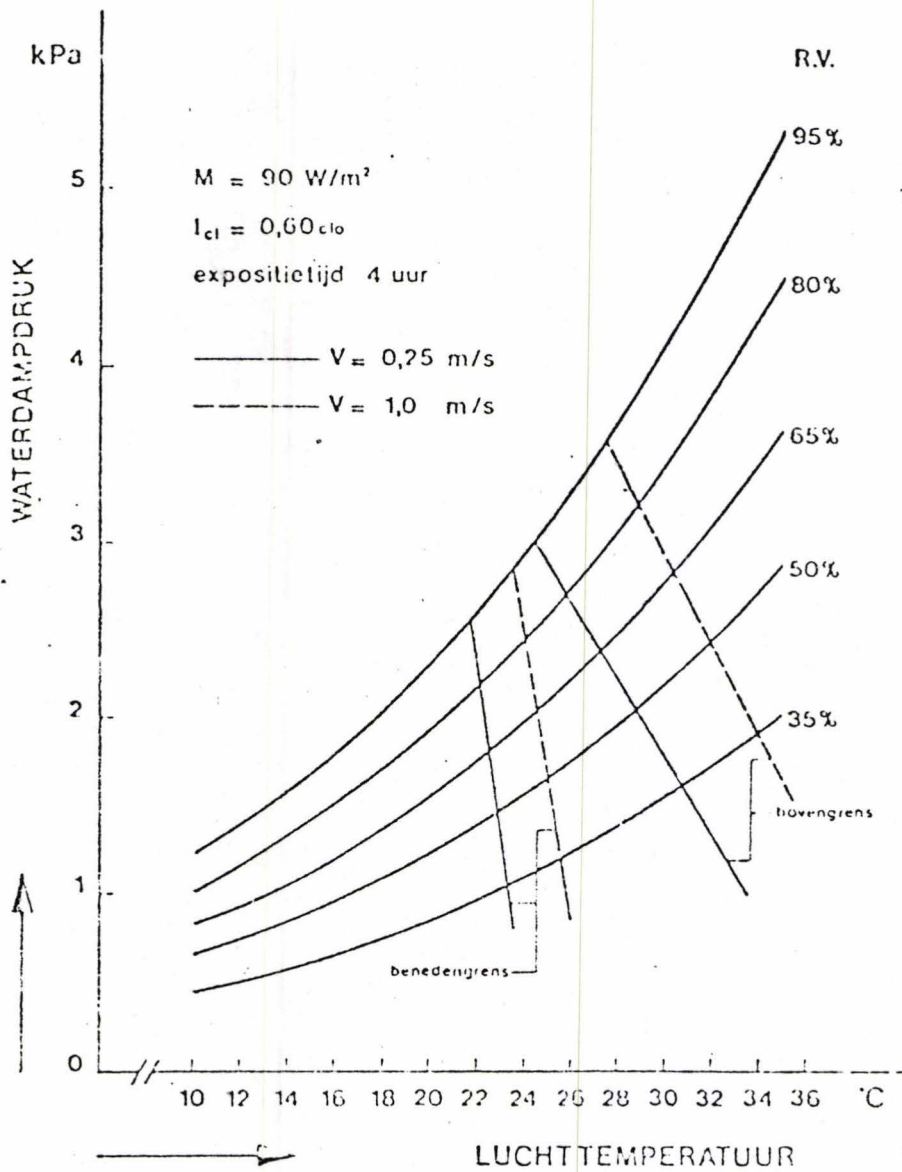


Fig. 5: De behaaglijkheidsgrenzen, aangeduid door 'bovengrens' en 'benedengrens' voor een luchtsnelheid van 0,25 m/s resp. 1 m/s voor de overige in de grafiek vermelde specifieke omstandigheden (stralingstemperatuur = luchttemperatuur).

Als gemiddelde zomer werd uit de aanvankelijke periode 1961 - 1970 die van 1964 gekozen op grond van de in [9] genoemde overwegingen. In [9] wordt ook nader ingegaan op de te verwachten variaties als gevolg van de jaarlijkse verschillen. Voor de periode 1961 - 1975 zijn de volgende standaarddeviaties aan te houden (+ of -):

TMAX : 2,0 à 2,5 °C

M26 : 5 à 10%

M28 : 3 à 6% ; afhankelijk van de vertreksituaties.

7. VERWERKING TOT EINDRESULTATEN.

De gevonden overschrijdingsgetallen M26 en M28 werden grafisch uitgezet als functie van de zontoetredingsfactor ZTA met als parameters de overige variabelen: percentage glas (PG), vertrektype, oriëntatie, type beglazing en zonwering (ZS) en de overige aangehouden condities: interne warmtelast $Q_i = 10 \text{ W/m}^2$ en ventilatievoud $N = 3$. Uit de relaties M26 en M28, die als functie van ZTA bij benadering lineair bleken te verlopen, werden door extrapolatie de ZTA-waarden bij M26 = 0 (dit is TMAX = 26,0 °C) respectievelijk M28 = 0 (dit is TMAX = 28,0 °C) gevonden. Tezamen met de voor elke situatie berekende TMAX, leverde dit de gegevens om relaties TMAX = f(ZTA) te kunnen opstellen. Uit deze relaties werden, geval voor geval, de ZTA-waarden voor TMAX = 26,0 °C respectievelijk TMAX = 28,0 °C gevonden met bijbehorende waarden van PG, zijnde de combinaties van ZTA- en PG-waarden waarbij voldaan wordt aan de gestelde grenzen TMAX = 26 en TMAX = 28 °C.

In de verwerking ontstonden eerst grafieken met de specifieke vertrekmassa SM als functie van ZTA en PG als parameter. Een voorbeeld van deze grafieken is in figuur 6 gegeven. Verticaal is SM (dat wil zeggen de drie SM-waarden voor de drie vertrektypen) door middel van de methode van de kleinste kwadraten is door de drie punten een rechte lijn getrokken, hetgeen in alle gevallen een goede benadering bleek.

Zo werden de relaties van de vorm

$$ZTA = A \ln \frac{SM}{100} + B \quad (5)$$

gevonden.

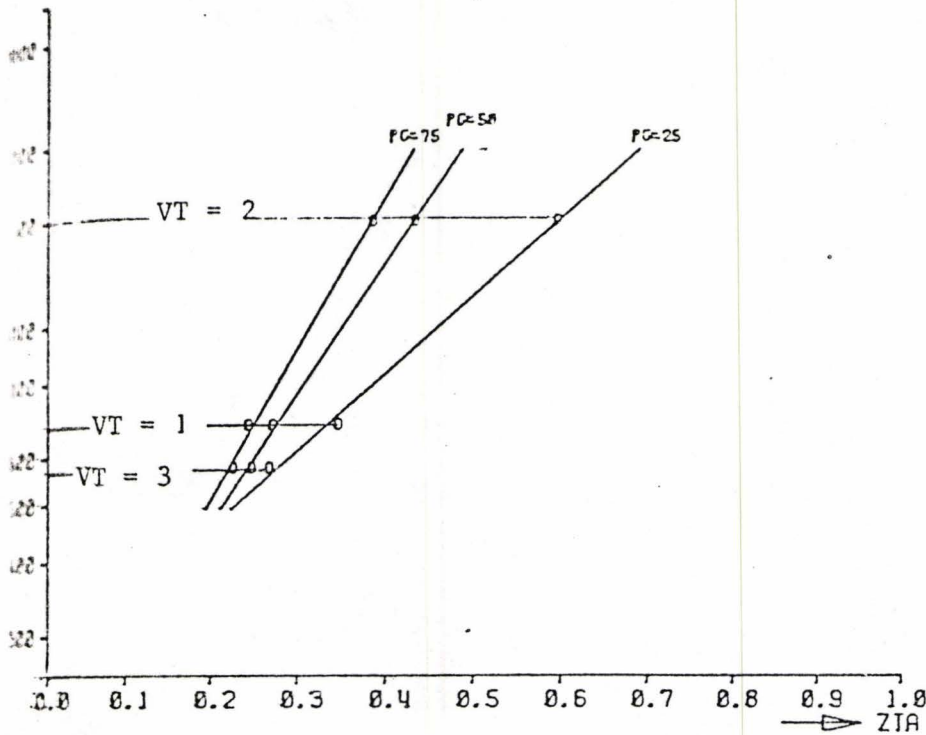
27/5-16

GERINGE LUCHTBEWEGING IN DE VERTREKKEN (TMAX=26.0°C)

ORIENTATIE : OOST

BEGLAZING EN ZONWERING :

ENKEL GLAS



ZONDER
BINNENZONWERING (1A)

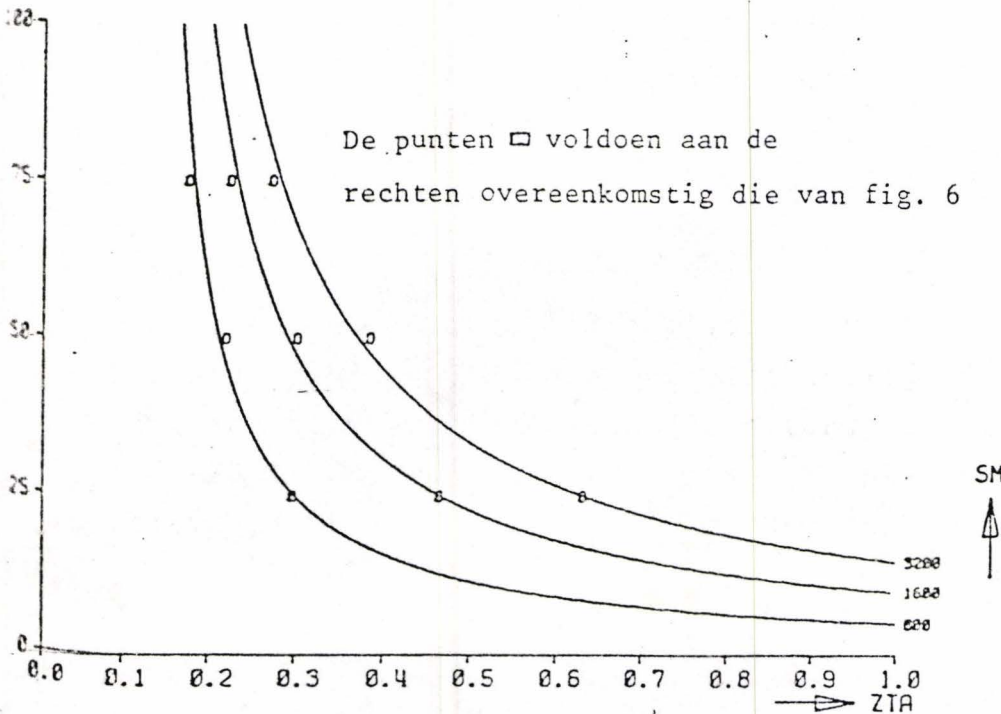
Fig. 6: De maximale toegestane waarde van de zontoetredingsfactor ZTA afhankelijk van de specifieke vertrekmasa SM en het procentuele glasoppervlak PG.

RELATIEF STERKE LUCHTBEWEGING IN DE VERTREKKEN (TMAX=28.0°C)

ORIENTATIE : WEST

BEGLAZING EN ZONWERING :

DUBBEL GLAS
LAGE EMISSIEFAKTOR



MET
BINNENZONWERING (3B)

Fig. 7: De maximale toegestane waarde van de zontoetredingsfactor ZTA afhankelijk van het procentuele glasoppervlak PG en dd

Vervolgens werden met behulp van de relaties (5) grafieken gemaakt waarin PG als functie van ZTA is uitgezet, met SM als parameter. Een voorbeeld van deze grafieken is gegeven in figuur 7. Door de aangegeven punten, die alle voldoen aan (5) werden vervolgens hyperbolische functies van de vorm

$$ZTA = \frac{C}{PG} + D \quad (6)$$

gevormd, wederom met behulp van de methode van de kleinste kwadrateen. Ook deze benadering bleek in alle gevallen goed te voldoen. In de publicatie [8] zijn de relaties (5) en (6) alle grafisch weergegeven voor de verschillende situaties, onderscheiden naar:

- de toegestane temperatuurgrens TMAX = 26,0 °C respectievelijk 28,0 °C
 - het type beglazing en zonwering (4 categorieën ZS = 1 t/m 4)
- De uitkomsten voor de oriëntaties zuid en west bleken weinig te verschillen (gerekend binnen kantoortijd) en werden daarom in de werkgrafieken samengevoegd. Verder bleek het mogelijk voor oost een vermenigvuldigingsfactor in te voeren met de gemiddelde waarde van 1,45. Met deze factor kan een voor zuid en west gemiddeld gevonden toegestane ZTA-waarde worden vermenigvuldigd om voor oost overeenkomstige toestanden te verkrijgen.

Het is uiteraard ook mogelijk de relaties (5) en (6) rechtstreeks te gebruiken -bijvoorbeeld met gebruikmaking van daartoe geschikte zak- of tafelrekenapparaten- waartoe in [9] in een afzonderlijke tabel de waarden van A, B, C en D worden gegeven voor de diverse situaties. Voor een eerste oriëntering zijn de resultaten ook in een compacte vorm gegeven. Dit zijn de hier in de figuren 8 en 9 gegeven grafieken. Als vereenvoudiging is daarbij de specifieke vertrekmasse niet als continue variabele gegeven, maar is daarvoor in de plaats de onderscheiding 'licht' en 'zwaar' ingevoerd, overeenkomend met SM = 640 kg/m² respectievelijk 1540 kg/m². Verder is het aantal zonweringscategorieën teruggebracht van 8 (1 A/B t/m 4 A/B) op 4, namelijk systemen met enkel en dubbel glas respectievelijk met en zonder binnenzonwering.

27/5-18

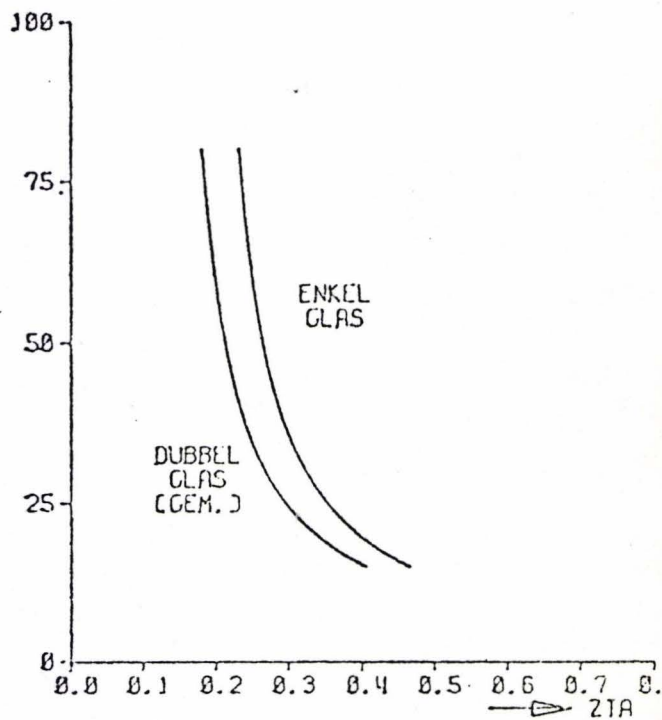
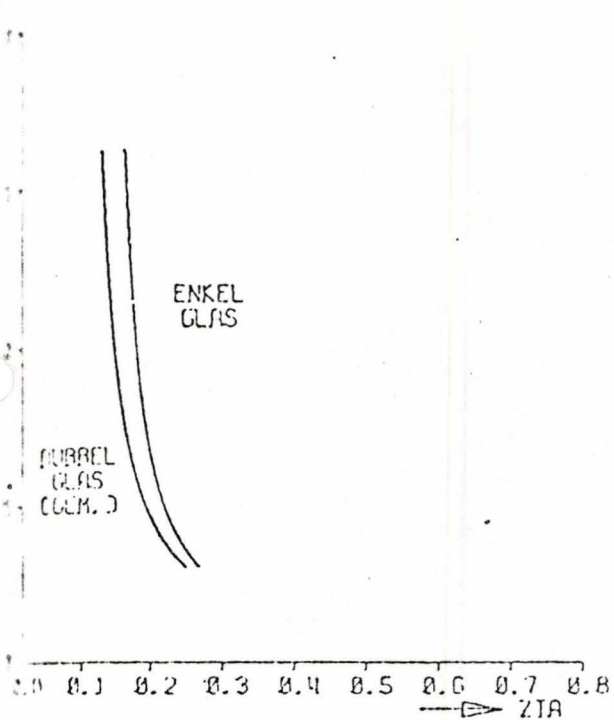
SPECIFIEKE VERTREKMASSA RELATIEF KLEIN ($SM = 640 \text{ KG/M}^2$)

LUCHTBEWEGING IN DE VERTREKKEN :

GERING ($T_{MAX} = 26^\circ\text{C}$)

RELATIEF STERK ($T_{MAX} = 28^\circ\text{C}$)

SYSTEMEN ZONDER BINNENZONWERING



SYSTEMEN MET BINNENZONWERING

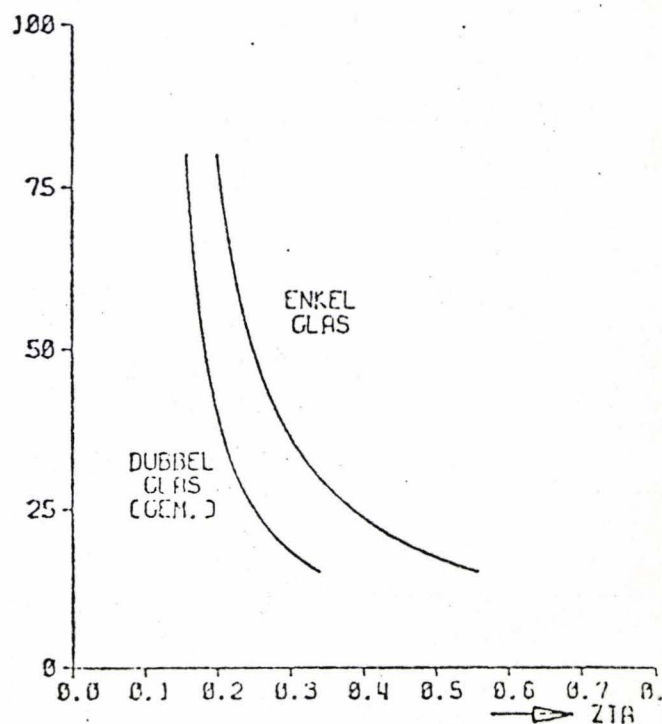
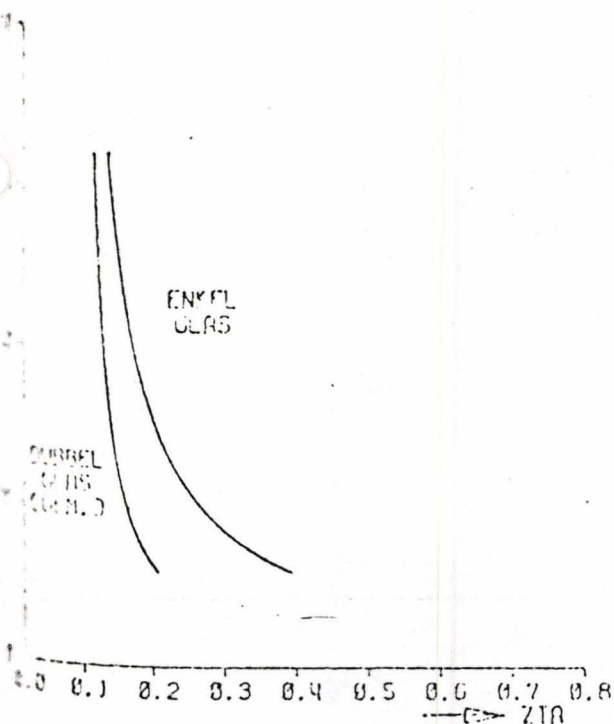


Fig. 8: De maximale toegestane waarde van ZTA afhankelijk van het procentuele glasoppervlak PG, voor zonweringsystemen met enkel glas ($ZS=1$) en dubbel glas ($ZS=2,3$ en 4 gemiddeld), voor de geveloriëntaties zuid en west gemiddeld.

Overige variabelen: specifieke vertrekmasa SM ,
luchtbeweging: gering resp. relatief sterk
geveloriëntatie oost: maximale ZTA C.Q. PG $1,4 \times$ zo groot
ventilatievoud $N=3$ luchtwisselingen per uur
interne warmtelast 10 W per m^2 vloeroppervlak.

27/5-19

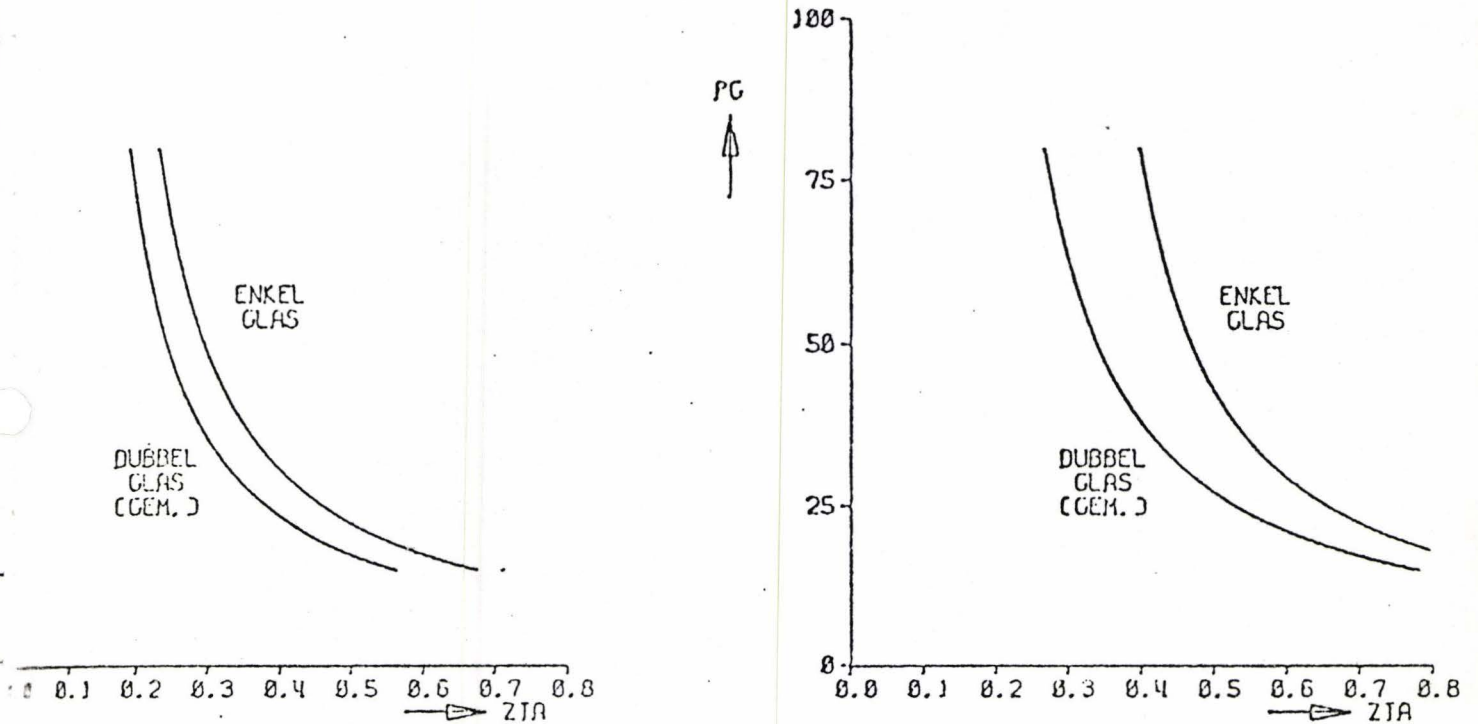
SPECIFIEKE VERTREKMASSA RELATIEF GROOT (SM=1520 KG/M²)

LUCHTBEWEGING IN DE VERTREKKEN :

GERING (TMAX=26°C)

RELATIEF STERK (TMAX=28°C)

SYSTEMEN ZONDER BINNENZONWERING



SYSTEMEN MET BINNENZONWERING

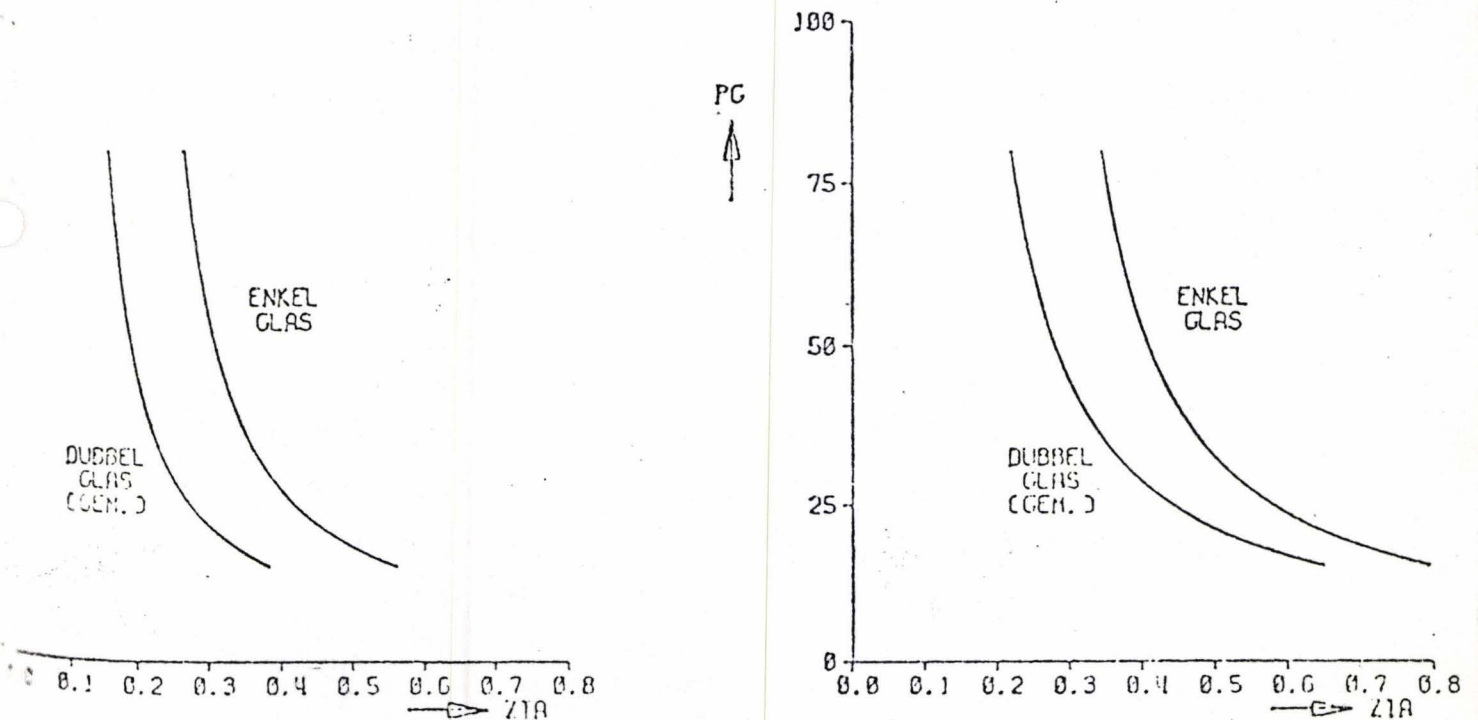


Fig. 9: De maximale toegestane waarde van ZTA afhankelijk van het procentuele glasoppervlak PG, voor zonweringsystemen met enkel glas (ZS=1) en dubbel glas (ZS=2,3 en 4 gemiddeld), voor de geveloriëntaties zuid en west gemiddeld.

Overige variabelen: specifieke vertrekmasa SM
luchtbeweging: gering resp. relatief sterk
geveloriëntatie oost: maximale ZTA C.Q. PG 1,4 x zo groot
ventilatieboud N=3 luchtwisselingen per uur
interne warmtelast 10 W per m² vloeroppervlak.

De figuren 8 en 9 illustreren wellicht ook voldoende het karakter van de resultaten van het onderzoek: Afhankelijk van

- de te hanteren temperatuurgrens: 26 °C voor vertrekken met geringe luchtbeweging en 28 °C voor vertrekken met relatief sterke luchtbeweging
- het al of niet aanwezig zijn van een binnenzonwering (jaloezie, gordijn, vitrage)
- de specifieke vertrekmasse
- de geveloriëntatie,

kan men in de grafieken aflezen welke maximale ZTA-waarde, of welk maximale glasoppervlak (PG) toegepast kan worden om een nog aanvaardbaar binnenklimaat te verkrijgen.

8. AFWIJKENDE OMSTANDIGHEDEN.

In de publikatie [8] wordt nog nader ingegaan op de invloed van de interne warmtelast en op de invloed van de hoeveelheid ventilatielucht. Hierover worden kwantitatieve gegevens verstrekt om in situaties, waarin voor deze grootheden niet de nominale waarden gelden, schattingen te doen of correcties op de toe te stane ZTA- en PG-waarden aan te brengen. Kortheidshalve moet hiervoor naar [9] worden verwezen.

Zijn deze aanvullende gegevens niet toereikend, doordat bijvoorbeeld de situaties te zeer afwijken, dan bestaat steeds de mogelijkheid gebruik te maken van het computerprogramma waarmee de berekeningen in dit onderzoek werden uitgevoerd.

Het gebruik van dit, of andere soortgelijke programma's is eveneens aan te bevelen in latere stadia van het gebouwoontwerp, als de behoefte aan nauwkeuriger getallen groter is en als er ook uitvoeriger gegevens over het gebouw en de verdere omstandigheden beschikbaar zijn.

De auteur is dank verschuldigd aan de Stichting Bouwresearch die voor het publiceren van deze bijdrage haar toestemming verleende.

LITERATUUR.

- [1] Zonwering bij gebouwen, Stichting Bouwresearch Publicatie nr. 42 (1974).
- [2] Zontoetredingsgetallen, ISSO-publicatie nr. 2 (1976).
- [3] Behaaglijk achter glas, Oriëntatiedag Stichting Bouwresearch Klimaatbeheersing 5 (1976) nr. 9, pagina 336.
- [4] S.W.T.M. Oegema, P.Euser, An accurate computing method for the analysis of the non-steady thermal behaviour of office buildings, First Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering related to Buildings, Washington, 1970.
- [5] H.J.Nicolaas, K.Th.Knorr, P.Euser, A digital computer program for the calculation of yearly room energy demands and temperature exceeding rates using hourly weather data, Proceedings International Seminar Heat Transfer in Buildings (Dubrovnik, 1977).
- [6] S.W.H.de Haan, P.Euser, Omrekening van zonnestraling op horizontaal vlak naar ander vlak, TPD-Rapport nr. 032-6, 1974
- [7] TPD-rapporten nr. 200.332-5, 6 (1978) en 8 (1979).
- [8] R.J.A.van der Bruggen, Energy consumption for heating and cooling in relation to building design, Dissertatie TH-Eindhoven (1978)
- [9] De invloed van zon-instraling op het binnenklimaat in gebouwen zonder mechanische koeling, Stichting Bouwresearch Publicatie nr.(nog niet verschenen).
- [10] A.Keijzer, B.D.R.Kliver, M.Woerlee, De grenzen voor de thermische belasting van de mens, aangegeven door de temperatuurindex uit de nieuwe klimaatparagraaf van het veiligheidsbesluit voor fabrieken en werkplaatsen 1938, thermofysiologisch geïnterpreteerd, Publicatie NIPG-TNO (1973).
- [11] Berglund, L.G., Gonzales, R.R., Human Response to Temperature Drifts, ASHREA Journal, August 1978, pag. 38.

- [12] J.Lammers, Human factors, energy conservation and design practice, Dissertatie TH-Eindhoven (1978)
- [13] R.G.Nevins, Energy conservation strategies and human comfort, ASHREA Journal, april 1975, pag.33.
- [14] N.O.Milbank, A new approach to predicting the thermal environment in buildings at the early stage, BRE-report CP2/74.
- [15] G.Hauser, Bauliche Massnahmen zur Verminderung hoher Raumlufftemperaturen im Sommer, Bundesbaublatt H6 (1978).
- [16] G.Hauser, H.Schulze, Das sommerliche Temperaturverhalten von Einfamilienhäusern, Gesundheits-Ingenieur 99 (1978), H. 8, pagina 230
- [17] H.Künzel, W.Frank, Die sommerlichen Temperaturverhältnisse in Wohngebäuden schwerer und leichter Bauart, G.J.Haustechnik, Bauphysik, Umwelttechnik 100 (1979) H. 3, pagina 85.