

Thermisch comfort: historisch overzicht

Thermisch comfort is belangrijk. Voor het ontwerpen van het binnenklimaat, dimensioneren van klimaatinstallaties en beoordelen van het binnenklimaat in de praktijk is een comfortabel en gezond binnenklimaat één van de belangrijkste uitgangspunten. Simulaties van het ontwerp of metingen in praktijksituaties worden getoetst aan comfortcriteria. Dit artikel geeft een historisch overzicht van enkele belangrijke onderzoeken naar thermisch comfort en de invloed op normen en richtlijnen voor thermisch comfort. Het artikel hierna gaat in op huidige en toekomstige ontwikkelingen van normen en richtlijnen voor thermisch comfort.

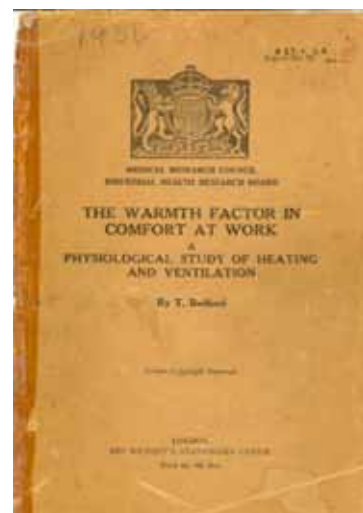
Ing. S.R. (Stanley) Kurvers, TU Delft, Faculteit Bouwkunde, Apogeu
Binnenmilieu Consult; drs. J.L. (Joe) Leijten, TU Delft,
Faculteit Bouwkunde

Thermisch comfort wordt vaak gezien als 'de ideale temperatuur' die voor iedereen min of meer gelijk is. De praktijk laat zien dat dit niet reëel is. Het gaat om het warmte- of koudegevoel van mensen. Bovendien kunnen comforttemperaturen over een brede bandbreedte variëren. Dit is afhankelijk van de fysieke omgeving maar ook van persoonlijke en sociaal-culturele factoren, en is aan veranderingen onderhevig. Het maakt dat thermisch comfort in de praktijk niet eenvoudig te realiseren is. Thermisch comfort wordt in normen gedefinieerd als 'een gemoedstoestand die tevredenheid uitdrukt met de thermische omgeving'. Onderzoek naar thermisch comfort wordt sinds de jaren twintig van de vorige eeuw uitgevoerd in klimaatkamers en in werkelijke omgevingen (veldonderzoek). De resultaten van klimaatkameronderzoek waren aanvankelijk populair en vormden de basis van normen en richtlijnen. Vanaf circa 1990 kwam het veldonderzoek weer in de belangstelling, op het moment dat bleek dat de resultaten van klimaatkameronderzoek afweken van de percepties van mensen in werkelijke omstandigheden.

■ VROEGE VELDONDERZOEKEN

Al voor de Tweede Wereldoorlog werd op verschillende plaatsen in de wereld veldonderzoek gedaan naar het verband tussen de thermische omgeving en de menselijke perceptie. Het eerste grote onderzoek dateert van 1936 en werd in Groot-Brittannië uitgevoerd door Bedford. Voor zijn boek 'The warmth factor in comfort at work' onderzocht hij in een winter het thermisch comfort van 3.085 vrouwen die in 12 fabrieken werkten [1]. Er werden temperaturen gemeten en met behulp van vragenlijsten gevraagd of de vrouwen zich thermisch gezien comfortabel voelden. Bedford gebruikte hiervoor een schaal met zeven categorieën, waarop aangegeven kon worden hoe warm of koud mensen het op een bepaald moment hebben (zie figuur 1). De gemiddelde comforttemperatuur bleek 18°C te zijn.

In de jaren vijftig werd door Webb veldonderzoek gedaan in werkplaatsen en kantoren, in Singapore, Bagdad, India en Groot-Brittannië [2]. Later gebruikte hij hiervoor de eerste dataloggers voor automatische registratie van de gegevens (figuur 2). Webb constateerde dat de bewoners van deze gebouwen zich com-



De Bedford schaal voor thermisch comfort:

1. Much too cool
2. Too cool
3. Comfortably cool
4. Comfortable and neither cool or warm
5. Comfortably warm
6. Too warm
7. Much too warm

-Figuur 1- De Bedford schaal voor het registreren van de thermische sensatie.

fortabel voelden bij temperaturen die in de gebouwen het meeste voorkwamen. Bij deze onderzoeken waren dat temperaturen tussen 16°C en 30°C. Webb concludeerde dat mensen 'geadapteerd' waren aan de gemiddelde condities waaraan ze waren blootgesteld. Hij kan worden gezien als de grondlegger van de theorie van adaptief thermisch comfort.

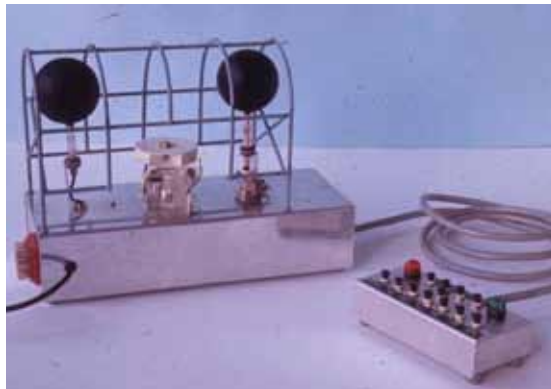
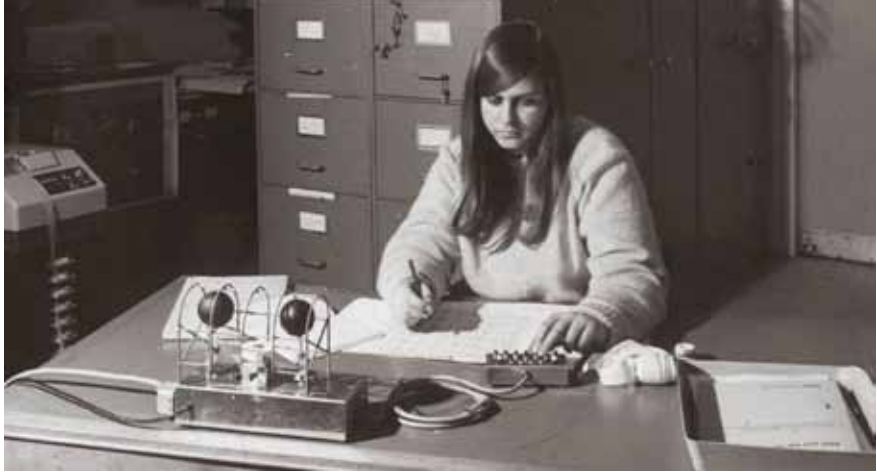
In figuur 3, waarin de resultaten van de onderzoeken van Webb en Bedford zijn samengevoegd, is te zien dat thermisch comfort weinig met de ruimtetemperatuur correleert. Mensen blijken over een grote bandbreedte van temperaturen comfortabel te kunnen zijn en er zijn dus kennelijk andere factoren die mede bepalen of iemand zich thermisch comfortabel voelt.

Begin jaren zeventig werden 35 onderzoeken samengevoegd, die in verschillende delen van de wereld waren uitgevoerd in de periode 1938-1974. Er werd een meta-analyse uitgevoerd op de 200.000 verzamelde 'comfort votes' [3]. Analyses lieten zien dat de neutrale temperaturen sterk correleerden met de buitentemperatuur en dat de sterkste relatie gold voor gebouwen die niet verwarmd of gekoeld (free-running) waren (figuur 4).

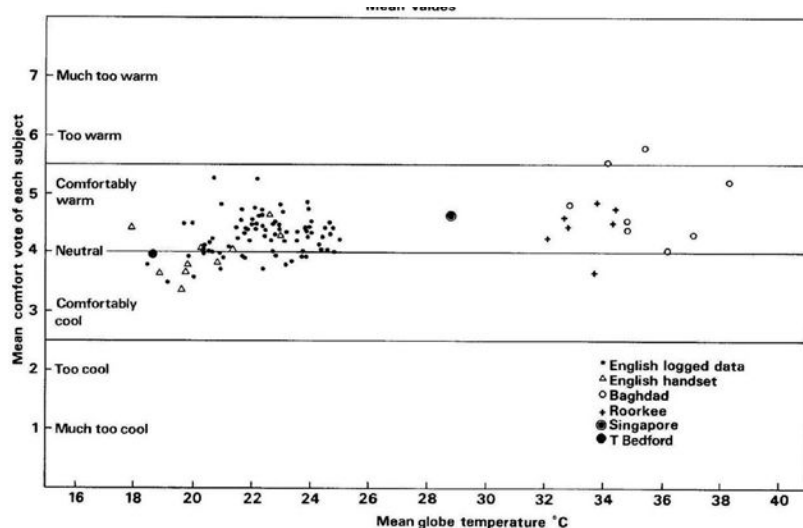
Op basis van deze onderzoeksresultaten werd een model ontwikkeld [4] waarbij thermisch comfort werd gezien als een zelfregelend systeem in de mens, waarin warmtestromen niet alleen fysisch en fysiologisch worden voorgesteld. Bewust en onbewust menselijk gedrag, zoals het aanpassen van het activiteitsniveau, het aanpassen van kleding en aanpassingen aan de omgeving, zijn zeer belangrijk voor het bereiken van thermisch comfort (figuur 5, op de volgende pagina). De data en modellen waren zeer waardevol voor het ontwerpen van gebouwen, maar raakten gedurende lange tijd in de vergetelheid doordat onderzoek in klimaatkamers populair werd.

KLIMAATKAMERS

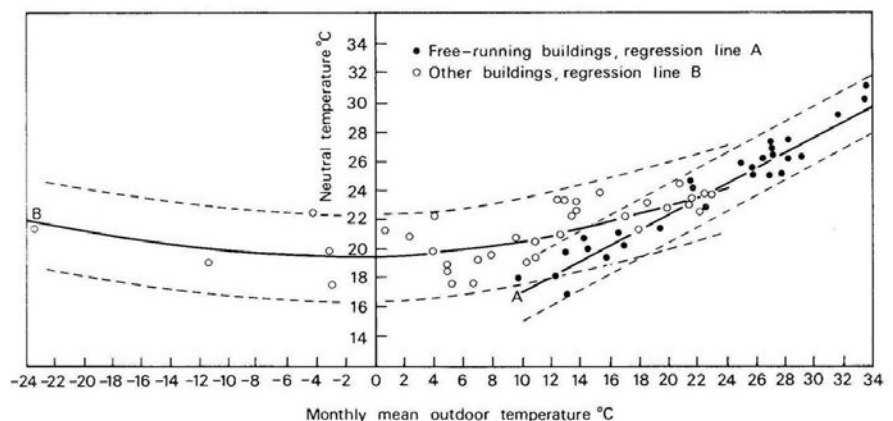
In klimaatkamers zijn de fysische omstandigheden volledig beheersbaar en kunnen uitgebreide metingen aan mensen en manikins (poppen) worden uitgevoerd. Zo kunnen fysiologische reacties gedetailleerd worden bestudeerd, zoals huiddoorbloeding, vasodilatatie (bloedvatverwijding) en vasoconstrictie (bloedvatvernauwing) waarmee de warmteafvoer uit het lichaam kan worden geregeld. Door ook tijdens de experimenten naar het warmtegevoel te vragen ontstaat inzicht hoe de mens een bepaalde thermische omgeving ervaart. In de jaren zestig van de vorige eeuw ontstonden er diverse thermofysiologische modellen van onder andere Stolwijk en Gagge. De Deense onderzoeker Fanger verwiert de



-Figuur 2a en 2b- De datalogger voor het meten van de binnentemperaturen en het registreren van de comfortstemmen op de 7-puntsschaal. De temperaturen werden gemeten met een geventileerde droge- en natteboltemperatuur en een verwarmde en onverwarmde globetemperatuurmeter (Bron: college Michael Humphreys, Oxford Brookes University, London).



-Figuur 3- Het gemiddelde maandelijkse thermisch comfort, uitgedrukt op de 7-puntsschaal van Bedford, afgezet tegen de gemiddelde temperatuur. Comfort werd bereikt tussen 18 en 38°C. In deze figuur zijn de resultaten van onderzoeken Webb uit de periode 1966-1969 samengevoegd met de resultaten van Bedford [3].



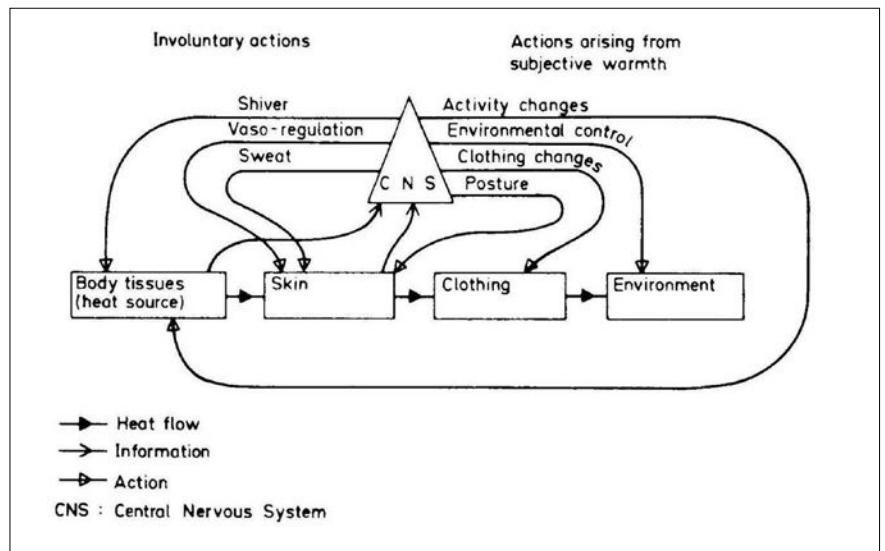
-Figuur 4- De neutrale temperatuur is gecorreleerd met de gemiddelde maandtemperatuur. Voor 'free-running' gebouwen is het verband sterker dan voor gebouwen met verwarming en/of koeling [3].

grootste bekendheid met zijn onderzoek waarbij hij in een klimaatkamer het thermisch comfort onderzocht van 1.300 studenten [5]. Het model gaat uit van de thermoregulatie van het menselijk lichaam, die de lichaamstemperatuur op circa 37°C probeert te houden. Fanger ontwikkelde een vergelijking die de gemiddelde thermische sensatie van een theoretische groep mensen in een homogeen binnenklimaat voorspelt, uitgedrukt in de PMV-index (Predicted Mean Vote). Door aan te nemen dat de proefpersonen die -2, -3, +2 en +3 stemden 'ontevreden' waren, kon het theoretisch percentage ontevredenen worden berekend, de PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied). Figuur 6 geeft de onderlinge relatie weer.

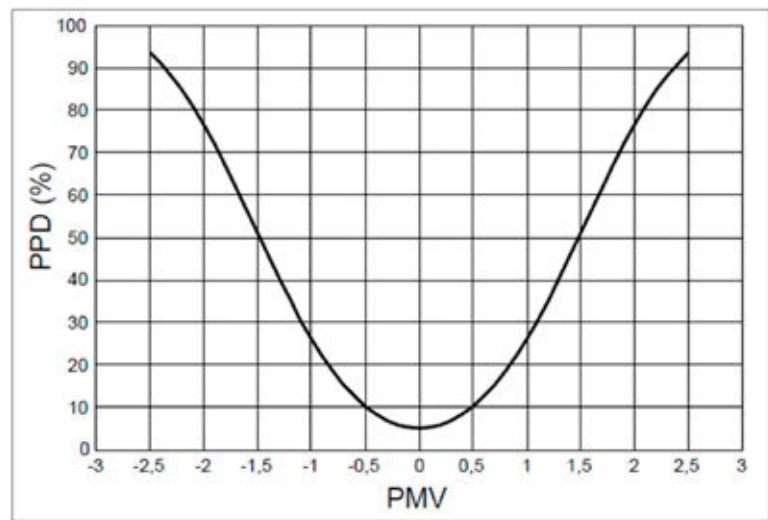
De methode van Fanger werd vanaf 1970 populair en vormde de basis voor normen en richtlijnen die temperatuurgrenzen voor gebouwen aangeven en waarmee, tot op de dag van vandaag, het binnenklimaat van gebouwen in grote delen van de wereld, in zeer uiteenlopende klimaatzones en culturen wordt ontworpen. De reden voor de populariteit was onder andere het verband dat Fanger legde tussen het percentage ontevredenen en de PMV-index. Door het metabolisme en de kleding weerstand te bepalen kon het te verwachten thermisch comfort worden voorspeld, afhankelijk van de fysische omstandigheden. Daarnaast heeft het ook een rol gespeeld dat de responsen van proefpersonen in een nauwkeurig geregelde omgeving als wetenschappelijk betrouwbaarder werden beschouwd dan de responsen van bewoners of gebruikers in een veldomgeving waar mogelijk allerlei verstoringende factoren een rol spelen.

■ NIEUWE AANDACHT VELDONDERZOEKEN

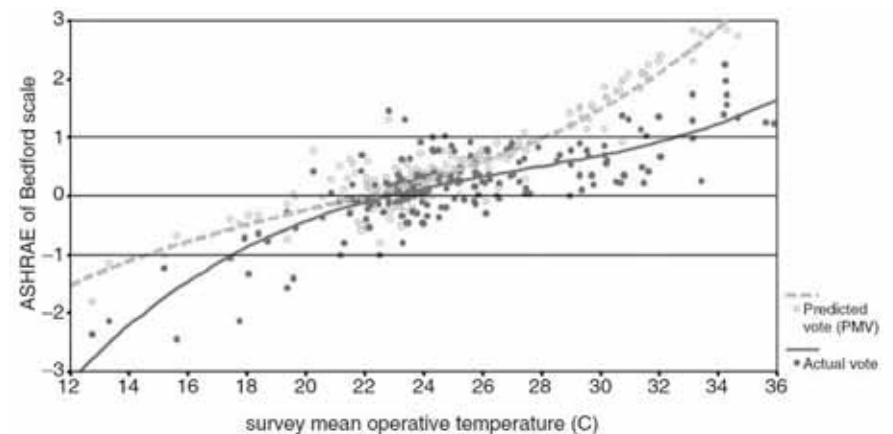
Ondanks de lange hegemonie van het PMV-model werden op den duur ook de beperkingen ervan steeds duidelijker. Op de eerste plaats laat nauwkeurige her-analyse van bestaande veldonderzoeken zien dat in veldsituaties het PMV-model de thermische sensatie bij hogere binnentemperaturen sterk overschat. Figuur 7, gebaseerd op acht veldonderzoeken met in totaal 66.500 observaties, laat zien hoezeer de werkelijke oordelen van de PMV afwijken. [3]. Dit werd ondersteund door de praktijkervaring van leden van de Ashrae en was voor de Ashrae reden om opdracht te geven voor een her-analyse van bestaande veldonderzoeken [6] (vanaf hier: RP-884). Data uit 160 gebouwen verspreid over verschillende delen van de wereld bleken hiervoor bruikbaar. Dit onderzoek heeft het denken over thermisch comfort sterk beïnvloed. Figuur 8 en 9 zijn afkomstig uit dit onderzoek en laten zien dat:



-Figuur 5- Het thermoregulatiesysteem van de mens. Dit bestaat uit bewuste en onbewuste regelkringen. Bij de onbewuste regelkring geven de huid en de kern van het lichaam, waar de warmte wordt geproduceerd, informatie aan het centraal zenuwstelsel. Zo kan actie worden ondernomen in de vorm van rillen, bloedvatverwijding en bloedvatvernauwing en zweeten, om de kerntemperatuur op circa 37°C te houden. Door het subjectieve warmtegevoel wordt door gedrag de warmtebalans aangepast, door de kleding, de omgevingstemperatuur, de luchtsnelheid en/of de mate van inspanning aan te passen [4].



-Figuur 6- Relatie tussen de PPD-index en de PMV-index (NEN-EN-ISO 7730)



-Figuur 7- De PMV vergeleken met de werkelijke oordelen in acht veldonderzoeken met 66.500 observaties [3]

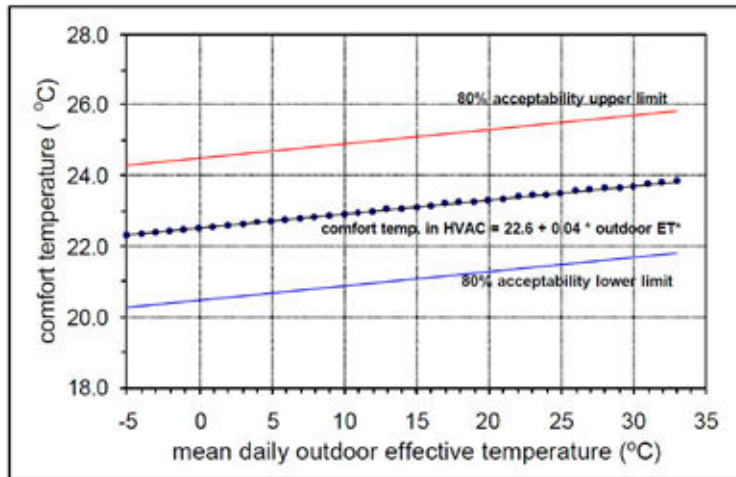
- comforttemperaturen samenhangen met de gemiddelde buitentemperatuur: hoe warmer het buiten is hoe hoger de comforttemperatuur binnen. Gebouwbewoners wennen en adapteren aan temperaturen die met de buitentemperatuur mee variëren;
- comforttemperaturen in natuurlijk geventileerde, niet gekoelde gebouwen, hangen sterker samen met de buitentemperatuur dan in airconditioned gebouwen.

In kader 1 wordt uiteengezet hoe in dit onderzoek de comforttemperaturen zijn afgeleid. In figuur 10 zijn de comforttemperaturen die met het PMV-model zijn voorspeld, vergeleken met de werkelijk waargenomen comforttemperaturen voor de 'natuurlijk geventileerde' gebouwen. Hoewel het PMV-model enigszins 'adaptief' is als de juiste waarden voor kledingweerstand worden gebruikt (uit onderzoek blijkt dat de kledingisolatie van mensen nauw samenhangt met het buitenklimaat), blijkt het PMV-model het thermisch comfort niet goed te voorspellen. Dit komt doordat de comforttemperatuur die mensen onbewust verwachten, afhankelijk is van de comforttemperaturen van de afgelopen dagen. Hierdoor hangen de comforttemperaturen in werkelijkheid sterker samen met de buitentemperatuur, dan uit het PMV-model blijkt [7].

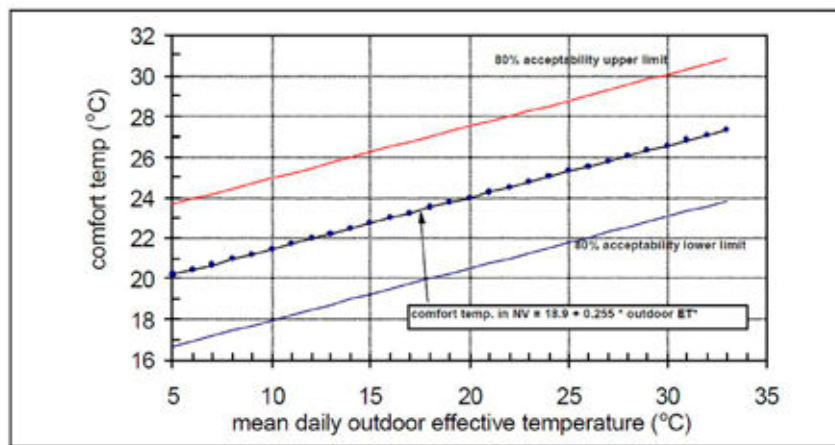
In een later onderzoek in 25 gebouwen in West-Europa [9] (van hieraf: het SCATs onderzoek) werd onderscheid gemaakt tussen 'free-running' en 'verwarmde en gekoelde' omstandigheden (figuur 11). In dit onderzoek werd de comforttemperatuur op een andere manier afgeleid (zie kader). Ook in figuur 11, op de volgende pagina, is goed te zien dat mensen in zekere mate wennen of *adapteren* aan de gemiddelde temperaturen die in gebouwen voorkomen. In 'free running' omstandigheden zijn de binnentemperatuur en comforttemperatuur sterker gecorreleerd dan in omstandigheden waar wordt verwarmd en/of gekoeld. Een gebouw kan in verschillende perioden verschillende binnenklimaatomstandigheden of 'modussen' hebben, bijvoorbeeld 'free-running' bij een buitentemperatuur tussen 12 en 25°C, verwarmd bij temperaturen beneden 12°C en gekoeld bij buitentemperaturen boven 25°C.

■ NAAR ADAPTIEVE NORMEN

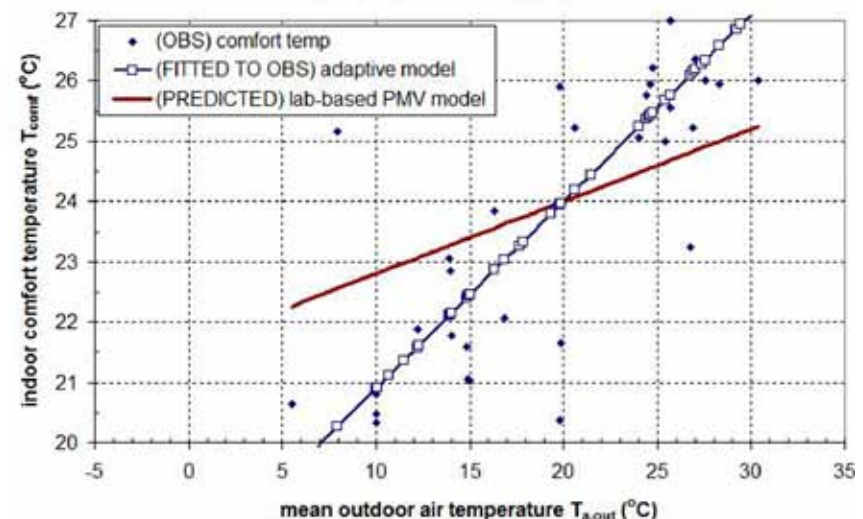
Uit dit overzicht blijkt dat veldonderzoek de realistische methode is om thermisch comfort te onderzoeken. Het op klimaatkameronderzoek gebaseerde PMV-model blijkt alleen correct in situaties die sterk overeenkomen met klimaatkamers, zoals gebouwen met airconditioning, een gesloten gevel en grote kantoorruimten zonder beïnvloedingsmogelijkheden. Uit veldonderzoek blijkt dat het



-Figuur 8- Comforttemperatuur in relatie tot de buitentemperatuur in gebouwen met centrale airconditioning (RP-884)



-Figuur 9- Comforttemperatuur in relatie tot de buitentemperatuur in gebouwen met natuurlijke ventilatie (RP-884)



-Figuur 10- Waargenomen (OBS) en voorspelde (Predicted) comforttemperaturen voor natuurlijk geventileerde gebouwen [8]

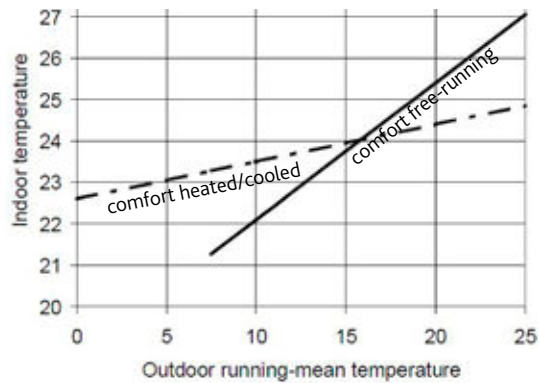
PMV-model in free running, natuurlijk geventileerde, niet gekoelde gebouwen de thermische sensatie bij hogere buitentemperaturen overschat. In natuurlijk geventileerde, niet gekoelde gebouwen accepteren de gebruikers

hogere binnentemperaturen naarmate de buitentemperatuur hoger is. Dit wordt veroorzaakt door een combinatie van adaptief gedrag en aangepaste verwachtingen. Uit onderzoek [10] blijkt dat bij de juiste keuzes

een natuurlijk geventileerd, niet gekoeld gebouw, zowel een lager energiegebruik heeft als een hoger comfortniveau in vergelijking met sterker geconditioneerde gebouwen. Dit hangt samen met de constanterere temperaturen in meer geconditioneerde gebouwen, waardoor de gebruikers een deel van het vermogen hebben verloren om zichzelf en hun omgeving zoveel mogelijk aan elkaar aan te passen. Uit [8] blijkt bijvoorbeeld dat gebruikers van gebouwen met airconditioning minder hun clo-waarde aanpassen om hun thermisch comfort te regelen dan gebruikers in natuurlijk geventileerde gebouwen; dit geldt ook wanneer de eerst genoemden daar wel de gelegenheid toe hebben en er aanleiding toe is (discomfort). In de psychologie wordt dit 'learned helplessness' genoemd. Maar ook op fysiologisch niveau zijn er verschillen tussen mensen in gebouwen met airconditioning en natuurlijk geventileerde gebouwen. In deel 2 van dit artikel wordt hierop teruggekomen en worden de verschillende adaptieve normen besproken die op veldonderzoeken zijn gebaseerd.

LITERATUUR

- Bedford T., The Warmth Factor in Comfort at Work. Report No. 76 of the Industrial Health Research Board, issued by the Medical Research Council. H.M. Stationery Office, 1936. London.
- Webb, C.G., An Analysis of Some Observations of Thermal Comfort in an Equatorial Climate, British Journal of Industrial Medicine 16, 1959.
- Humphreys M.A., Field studies of thermal comfort compared and applied, Journal of Institution of Heating and Ventilation Engineer 44 (1975) 5-27.
- Nicol J.F., Humphreys M.A., Thermal comfort as part of a self-regulating system, Building Research and Practice (J CIB) 6 (3) (1973) 191-197.
- Fanger, P.O., Thermal comfort - Analyses and Application in Environmental Engineering, McGraw-Hill, New York, 1970.
- de Dear, R., Brager, G., Cooper, D. (1997), Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference", Final report ASHRAE RP-884.
- de Dear, R., Brager G., Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55, Energy and Buildings 34 (2002) 549-561.
- Nicol, F., Humphreys, M. (2005), Adaptive comfort in Europe: results from the SCATs survey with special reference to free running buildings, Proceedings of the international conference on EPBD Energy Performance of Buildings Directive: implementation in practice, Brussels, 2005.
- Kurvers, S.R., Van den Ham, E.R., Leijten, J.L., Energie-efficiëntie en gebruikerscomfort verenigd, TVVL Magazine 12, 2012, p.8-13.
- Taleghani, M., Tenperik, M., Kurvers, S.R., A review into thermal comfort in buildings, Paper in preparation, 2013.



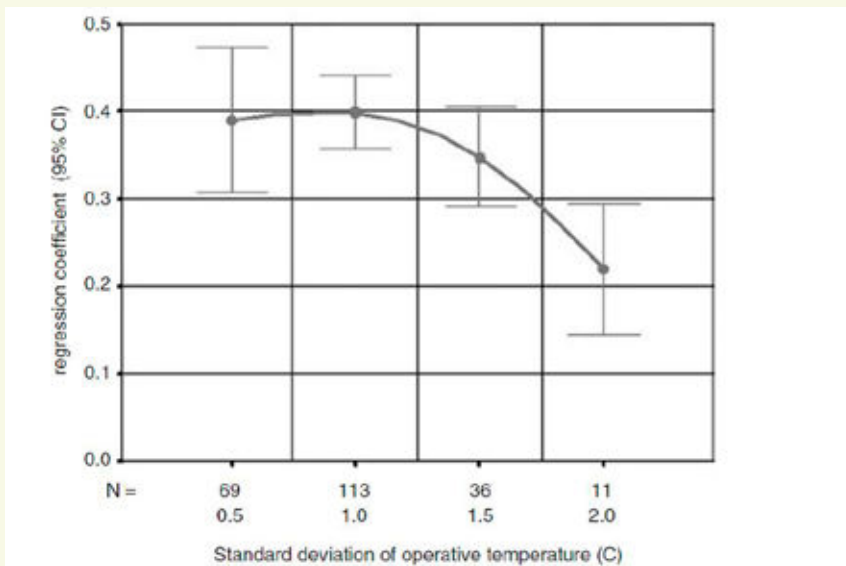
-Figuur 11- Gemiddelde comforttemperaturen voor 'free-running' (getrokken lijnen) en verwarmde en gekoelde gebouwen (streepjes lijn), afhankelijk van de 'running mean outdoor temperature' (SCATs survey). Zie voor de uitleg van de gewogen gemiddelde buitentemperatuur deel 2, onder figuur

RP-884 is gebaseerd op surveys in 160 verschillende gebouwen verdeeld over meerdere delen van de wereld (o.a. de Verenigde Staten, Canada, het Verenigd Koninkrijk, Zuid-Oost Azië en Australië) en over verschillende tijden van het jaar. Per survey werd van gebruikers onder meer een stem op de Ashrae-schaal (hierna genoemd: thermische sensatie stem, tss) gevraagd en werd gelijktijdig per verblijfplaats van de gebruiker onder meer de operationele temperatuur gemeten. Het verband tussen de tss en de operationele temperatuur werd vastgelegd in een regressievergelijking. De operationele temperatuur waarbij volgens de regressievergelijking de tss gelijk is aan 0, is de neutrale temperatuur (ook genoemd: de comforttemperatuur) voor het betreffende gebouw. Dit is de variabele die op de y-as staat in bijvoorbeeld de figuren 9 en 10. Vervolgens wordt in RP-884 het verband tussen de neutrale temperatuur en de gemiddelde effectieve buitentemperatuur in de betreffende maand berekend. In de nieuwste versie van de Ashrae-standaard is dit vervangen door de heersende buitentemperatuur (deze temperatuur wordt bepaald op basis van minimaal zeven en maximaal 30 opeenvolgende dagen, voorafgaand aan de betreffende dag, en is het gemiddelde van alle dagelijkse gemiddelden. Weging is toegestaan onder voorwaarde dat de weegcurve afneemt naar het verleden, zodanig dat de weging een factor 0,6 tot 0,9 heeft ten opzichte van de voorgaande dag). Dit levert bijvoorbeeld de middelste lijnen in figuur 9 en 10 op. Ten slotte wordt rond deze lijnen een bereik weergegeven waarbinnen voor 80% van de gebruikers de thermische omgeving acceptabel is. Hierbij wordt uitgegaan van twee aannamen, nl. dat een stem op één van de drie middelste categorieën van de Ashrae-schaal de thermische omgeving acceptabel is en dat de verdeling van stemmen op de Ashrae-schaal binnen elk gebouw voldoende gelijkenis vertoont met de verdeling van de PPD-functie in het PMV-model, om aan te nemen dat een stem op de Ashrae-schaal van + of -0,85 overeenkomt met 80% algemene acceptatie (20%

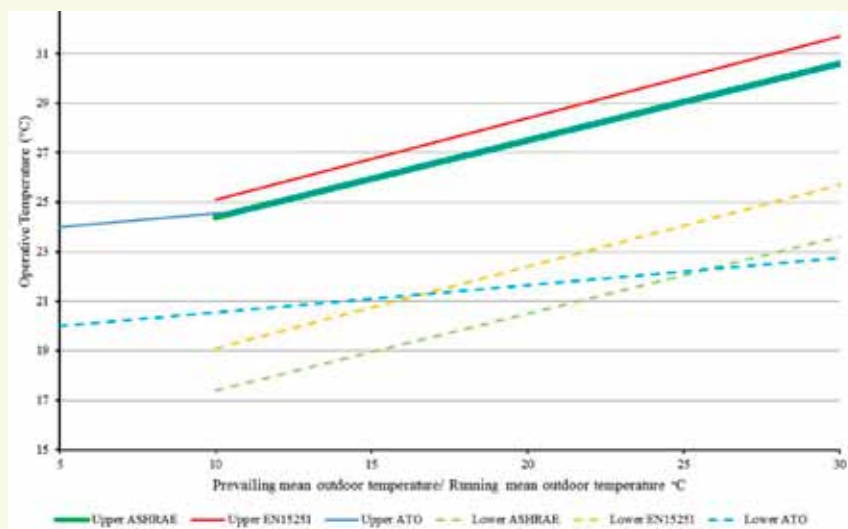
ontevreden, met uitsluiting van plaatselijk discomfort). Dit zijn bijvoorbeeld de onderste en de bovenste lijnen in figuur 13. Op dezelfde wijze kunnen ook grenzen voor 90% acceptatie berekend worden.

Het SCATs-onderzoek bestaat uit surveys die gedurende een jaar meerdere malen werden uitgevoerd in 26 kantoorgebouwen in Frankrijk, Griekenland, Portugal, Zweden en het Verenigd Koninkrijk. Het onderzoek gaat op een aantal punten uit van geheel andere aannames dan RP-884. Op de eerste plaats worden er geen regressievergelijkingen per gebouw gebruikt om de temperatuur te bepalen. In plaats daarvan wordt er vanuit gegaan dat het verband van de thermische sensatie stem met de operationele temperatuur een vaste regressie-coëfficiënt heeft, genaamd de Griffiths-constante naar de bedenker ervan. Hoe hoger deze regressie-coëfficiënt, des te sterker het verband tussen de neutrale temperatuur en de thermische sensatie stem. Deze constante kan niet rechtstreeks uit de data afgeleid worden, omdat geobserveerde regressie-coëfficiënten lager zijn dan de werkelijke waarden door versturende factoren. Deze kunnen zijn:

- meetfouten bij het bepalen van de operationele temperatuur: een zekere mate van meetfout zal er altijd zijn;
- fouten in de vergelijking waarmee de operationele temperatuur wordt berekend: de optimale index voor de omgevingstemperatuur kan net anders zijn dan de operationele temperatuur;
- gedragsmatige adaptatie: wanneer de binnentemperatuur over een breder bereik varieert, zullen gebruikers vaker hun kledingisolatie aanpassen, waardoor de geobserveerde regressie-coëfficiënt lager is dan de werkelijke waarde;
- psychologische adaptatie: mogelijk zijn gebruikers die gewend zijn aan een grotere bandbreedte van binnentemperaturen minder gevoelig voor verandering in temperatuur dan gebruikers die aan een kleinere bandbreedte gewend zijn, waardoor bij een grotere bandbreedte van binnentemperaturen de geobserveerde regressie-coëfficiënt lager is dan de werkelijke waarde.



-Figuur 12- Gemiddelde waarden van de regressie-coëfficiënten en de standaarddeviatie van de operative temperatuur in RP884 en SCATS-databases.



-Figuur 13- De op RP884 gebaseerde Ashrae-norm en ATG-richtlijn en de op het SCATS-onderzoek gebaseerde Europese EN15251-norm [10].

Figuur 12 laat het verband zien tussen de geobserveerde regressie-coëfficiënt en de standaard deviatie (statistische maat voor spreiding) van de operative temperatuur binnen. De curve vertoont een maximum van ongeveer 0,4 bij een standaarddeviatie van de binnentemperatuur van ongeveer 1,0. Daaronder is de regressie-coëfficiënt iets lager, wat waarschijnlijk komt door meetfouten en fouten in de gebruikte vergelijking die zwaarder tellen als de spreiding van de binnentemperatuur laag is. Daarboven is de regressie-coëfficiënt duidelijk lager naarmate de spreiding van de binnentemperatuur hoger is, wat waarschijnlijk komt door gedragsmatige adaptatie en mogelijk ook psychologische adaptatie. Omdat er bij de geobserveerde regressie-coëfficiënt van 0,4 waarschijnlijk ook sprake is van enige verlaging van de geobserveerde regressie-coëfficiënt door verstoringe factoren, wordt in het SCATS-onderzoek gekozen voor een regressie-coëfficiënt van 0,5. Met deze vaste regressie-coëfficiënt kan uit

elke combinatie van een thermische sensatie stem en een operative temperatuur de neutrale temperatuur berekend worden door de volgende vergelijking:
 Neutrale temperatuur =
 operative temperatuur - tss/0,5 (1)
 Vervolgens wordt het verband van de neutrale temperatuur met de buitentemperatuur vastgesteld. Hiervoor wordt niet, zoals in RP-884, de gemiddelde maandtemperatuur gebruikt of, zoals in de nieuwste Ashrae-standaard, de heersende buitentemperatuur, maar de *outdoor running mean temperature*, zoals beschreven in deel 2. De reden hiervoor is dat uit het SCATS-onderzoek blijkt dat de invloed die de buitentemperatuur heeft op de verwachtingen van de gebruikers en op de keuze van de clo-waarde, bepaald wordt door de dagen direct vóór de betreffende dag, waarbij de meest recente dagen het

-Kader 1- Afleiding van de comforttemperaturen in Ashrae rapport RP-884 en het SCATS-onderzoek en de verschillen daartussen

zwaarst meetellen. Ten slotte wordt, evenals in RP-884, een bereik aangeven waarbinnen de binnentemperatuur moet vallen om te bereiken dat voldoende gebruikers zich comfortabel voelen. In RP-884 werd dit afgeleid uit de PPD-vergelijking in het PMV-model, in het SCATS-onderzoek wordt dit gedaan op basis van een geobserveerd verband tussen afwijking van de werkelijke temperatuur van neutrale temperatuur en het percentage gebruikers dat zich comfortabel voelt. Dit verband wordt weergegeven in figuur 5 van deel 2 van deze publicatie. Dit leidt dan tot temperatuurgrenzen zoals weergegeven in figuur 2 van deel 2 van deze publicatie.

Officieel mogen de normen die zijn gebaseerd op RP-884 en het SCATS-onderzoek niet met elkaar vergeleken worden, omdat er zoveel verschillen zijn in de wijze waarop zij zijn ontwikkeld. Maar het is informatief om dit juist wel te doen om de volgende redenen. De locaties waar beide onderzoeken zijn uitgevoerd zijn voor een groot deel verschillend, maar er is ook overlap. Verder zou de differentiatie in klimaat tussen de locaties in RP-884 dit onderzoek ook voldoende representatief moeten maken voor Europa. Het berekenen van regressielijnen per gebouw op grond van de data van dat gebouw, zoals in RP-884, of het uit het totaal van de data afleiden van een constante regressie-coëfficiënt, zoals in het SCATS onderzoek, zijn beide legitieme methoden. Het vaststellen van temperatuurgrenzen op basis van de PPD-vergelijking in het PMV-model, zoals in RP-884, of op basis van een geobserveerd verband, zoals in het SCATS-onderzoek, zijn ook beide legitieme methoden. Het enige punt waar het verschil in aanpak wel uitmaakt is de maat voor de buitentemperatuur, die bij het SCATS-onderzoek adequater is dan in RP-884. In figuur 13 worden de bandbreedtes van de Ashrae-norm, de ATG-richtlijn en EN15251-norm met elkaar vergeleken en hieruit blijkt dat het verschil niet groot is. De grote overeenkomst tussen de op RP-884, respectievelijk het SCATS-onderzoek gebaseerde normen vormt, volgens de auteurs van dit artikel, een extra bevestiging van de validiteit van de resultaten van beide onderzoeken en de erop gebaseerde standaarden. De belangrijkste inhoudelijke reden om voor de op het SCATS-onderzoek gebaseerde Europese norm te kiezen is dan niet zozeer dat dit onderzoek representatiever is voor de Europese situatie, maar de betere maat voor de buitentemperatuur: de outdoor running mean temperature. Voor de overige verschillen wordt verwezen naar deel 2 van dit artikel.