

Erica de Lange¹ & Dieter Holm²

Die geskiedenis van die ontwikkeling van die termiese gemaksone-konsep

Opsomming

Die invloed van die omgewingsklimaat se effek op die binneklimaat van geboue en dus hul termiese gemak is reeds lank intuitief en kwalitatief besef. Met die koms van verhittings- en verkoelings-tegnologieë het dit belangrik geword om 'n mikpunt vir binneklimaat gemak te definieer waarvoor aanvanklik 'n droëbal-lugtemperatuur geneem is. As gevolg van (botsende) klimaatkamer en veldstudies moes dit verruim word tot 'n termiese gemaksone wat vir 'n statistiese bevolking geld. Die termiese gemaksone moes verder deur bykomstige dimensies beskryf word soos dit in bioklimatologiese kaarte vervat word. Dit is die huidige stand van die ISO-standaard. 'n Verbetering hierop is die adaptiewe model waar gemaksvoorkeur gesien word as die resultante van fisiologiese reaksies asook die verwagtings gebaseer op vorige ondervinding. 'n Verdere verbetering op laasgenoemde model neem in ag dat die mens 'n aktiewe rol speel in die skep van sy/haar termiese voorkeure. Ten slotte blyk dit dat die klimaat vir gemak nie dieselfde as die klimaat vir produktiwiteit is nie.

Sleutelwoorde: Omgewingsklimaat, termiese gemak.

THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE THERMAL COMFORT ZONE CONCEPT

The impact of the local climate on the indoor climate of buildings and in-door thermal comfort has long been understood, intuitively as well as qualitatively. With the advent of heating and cooling technologies, it became important to define a comfort target that was initially assumed to be a dry ball air temperature. As a result of (conflicting) climate chamber and field studies this point has to be broadened to a thermal comfort zone, valid for a statistical population. The thermal comfort zone had to be further described by dimensions as contained in the bioclimatic/psychrometric charts. This is reflected in the present ISO standard. An improvement on this is the adaptive model that defines thermal comfort as the resultant of physiological reactions as well as expectations built on previous experience. An improvement on the latter accepts the fact that a person plays an important role in creating thermal preferences. Finally it appears that a climate for thermal comfort is not the same as one for productivity.

Keywords: Local climate, thermal comfort.

- 1 Ms Erica de Lange, B Sc (Zoology), B Sc (Hons.) (Environmental Design and Management). Presently a M Sc student and technical assistant at the Department, Research and Post-Graduate Study, University of Pretoria.
- 2 Prof Dieter Holm, B Arch, M Arch, D Arch (Pretoria) MISAA. Head: Department: Research and Post-Graduate Study, Division for Environmental Design & Management, University of Pretoria.

Inleiding

Sedert dit moontlik geword het om klimaat kunsmatig te beheer het optimum klimaat vir gemak 'n kwessie geword. Verskillende mense voel by verskillende temperature gemaklik. In 1996 is die gemaksone deur Holm & Viljoen gedefinieer as die omgewingstoestand waarin die meeste mense nie warm of koud kry nie, óf soos Holm (1996) dit beskryf, is dit 'n reeks van temperature waar die mens se liggaam gemaklik kan aanpas by die omgewing en steeds die meeste energie vir produktiwiteit behou.

Die mens het 'n sekere liggaamstemperatuur waarby hitte nie toegevoeg of verloor word nie. 'n Neutrale temperatuur- of termiese vlak van ewewig word dus bereik. Termiese ewewig beteken dat dit is net so warm buite as binne is. Om gemaklik te wees moet dit in die winter warmer binne as buite wees en in die somer weer omgekeerd (Holm & Viljoen, 1996). Die neutrale liggaamstemperatuur word beïnvloed deur omgewingsfaktore soos lugtemperatuur, humiditeit, windspoed en straling (Van Straaten, 1967) binne in die persoon se onmiddellike omgewing. 'n Persoon se liggaamstemperatuur kan ook beïnvloed word deur ras, geslag, gedrag (gewoontes en liggaamsaktiwiteite), kleredrag, verwagtinge en ondervindinge in die verlede.

Dit verklaar hoekom mense wat in verskillende wêreld dele woon by verskillende temperature gemaklik sal voel. Hierdie stelling kan nog verder vereenvoudig word naamlik dit verklaar hoekom mense in verskillende klimaatstreke by verskillende temperature gemaklik voel. Verandering in bogenoemde faktore beïnvloed die wins of verlies van liggaamshitte wat termiese ongemak kan veroorsaak. Daarom is 'n indeks nodig wat die gekombineerde effek van bogenoemde faktore kan bepaal (Van Straaten, 1967). Die indeks het soos volg ontstaan:

Die verwantskap tussen klimaat en ontwerp in die klassieke tydperk tot en met die begin van die 19e eeu

Werk op termiese behaaglikheid is een van die oudste studiegebiede van die bouwetenskap. Histories is daar van persoonlike ondervinding met plaaslike omgewings-toestande gebruik gemaak om huise te ontwerp. Die kombinasie van boumateriaal en -vorm was 'n saak van leer en probeer

(Burberry, 1992). So is daar dus proefondervindelik gebou sodat gemak ervaar kan word. Daar is reeds in die jare voor Christus besef dat klimaat 'n invloed het op gebou-ontwerp (Auliciems & Szokolay, 1997). Dit is veral temperatuur en humiditeit wat bydra tot die mens se ongemak. Vitruvius se werk is baie beïnvloed deur sy bewustheid van die klimaat. In die Middeleeue (500-1450) is hierdie praktiese aspek van sy werk gebruik (Markus & Morris, 1980). In die 15e eeu het Alberti baie aandag gegee aan die kies van 'n gebied, die mikroklimaat, geskikte materiaal om 'n ruimte warm of koud te hou en vir beskerming teen die son en wind (Markus & Morris, 1980).

Vroeg in die 19e eeu is die belangrikheid van beheer oor humiditeit besef (Markus & Morris, 1980). Té droë of té vogtige toestande was nie aan te beveel nie. Die effek van natbalt temperatuur is ook in hierdie tydperk vir die eerste keer in ag geneem (Burberry, 1992). Sir John Leslie het in 1804 'n eksperiment met 'n alkoholtermometer gedoen waar hy windsnelheid bepaal het deur die afkoeling van die verhitte termometer dop te hou (Markus & Morris, 1980). In 1826 het Heberden die beperkte vermoë van die termometer om koue aan te dui besef tydens 'n eksperiment met 'n termometer wat bokant die buitelug temperatuur verhit is waarvan hy die afkoelingstempo waargeneem het (Markus & Morris, 1980). Op dié wyse is die verkoelingsvermoë van die omgewing bepaal.

Tredgold het reeds in 1824 die effek van laer temperature op mense naby 'n stralingsbron beskryf (Markus & Morris, 1980). In 1857 het die Kommissaris wat deur die Britse Algemene Gesondheidsraad aangestel is om die verhitting en ventilering van geboue te ondersoek, aanbeveel dat die muurtemperatuur dieselde moet wees as die kamertemperatuur (Markus & Morris, 1980). Lugtemperatuur moet ook hoër by die vloer wees as by 'n persoon se kop (Burberry, 1992). Die beginsel van die swartbaltermometer vir die meting van die gesamentlike effek van lugbeweging en straling is later, in 1887, deur Aitken vasgestel.

Die behoefte vir die ontwikkeling van die termiese gemaksone

Die eerste ernstige studie oor termiese gemak is deur Haldane in Engeland in 1905 gedoen (Auliciems & Szokolay, 1997). Dit was nodig om ontwerp temperatuur vas te stel omdat tegnologie

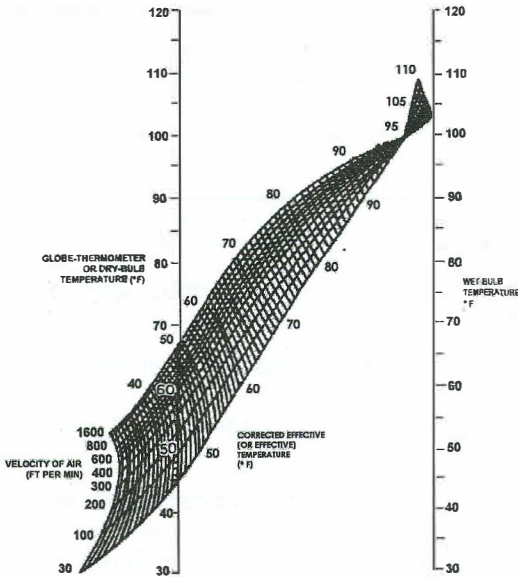
veroorzaak het dat geboue oorverhit of oorverkoel word. Lavoisier en Pettenkofer het die effek van koolstofdiksied op oorverhitting in geboue besef. Tot op daardie tydstip is die vier elemente: buiteklimaat, interne omgewing, die mens se reaksie en die materiaal van die gebou, vaagweg gesien as dele van 'n groter geheel maar die idee dat hierdie vier elemente op 'n komplekse manier interreageer kon nie ingesien word voordat die huidige algemene sisteemteorie ontwikkel is nie.

In 1914 het Leonard Hill termiese gemak met die Kata-termometer probeer meet omdat dit 'n aanduiding van die verkoelingseffek van die omgewing gee (Burberry, 1992). Dit het nie gewerk nie omdat dit sensitiewer as die mens se liggaam vir lugbeweging is. Houghton, Yaglou en hulle kollegas (1923) het artikels die lig laat sien waarin hulle die gekombineerde effek van wind, humiditeit en lugtemperatuur beskryf en is die eerste Effektiewe Temperatuur-skaal (ET) daargestel (Markus & Morris, 1980). Die basiese skaal het mense sonder klere in ag geneem en 'n normale skaal, mense met klere (Burberry, 1992). Sekere kombinasies van die veranderlikes gee gelyke ET waardes en dus gelyke temperatuur-sensasies. Dit is later in die laboratorium as 'gemaklik' gedefinieer. ET was gebruik vir die ontwerp van beide lugverkoelde en natuurlik geventileerde geboue (Givoni, 1997).

'n Probleem met die ET-skaal is dat dit die effek van humiditeit by lae temperature oorskot en by hoë temperature onderskat (Van Straaten, 1967). Die effek van termiese straling word ook in die ET-skaal foutiewelik weggelaat.

In 1932 het Vernon en Warner die swartbal-temperatuur gekorrigeer vir natboltemperatuur om die ET te bepaal; genoem die Gekorrigeerde Effektiewe Temperatuur (CET) (Markus & Morris, 1980). Dit beteken om die effektiewe temperatuur, met inagneming van straling deur van 'n Baltermometer (globe) te gebruik, in plaas van 'n droëbal (Burberry, 1992). *Figuur 1* is 'n voorbeeld van hoe Gekorrigeerde Effektiewe Temperatuur bereken is vir persone wat lig geklee is en ligte werk doen. CET was in die jare tagtig nog algemeen as indeks van die gemaksonne gebruik (Markus & Morris, 1980).

FIGUUR 1: Grafiek om gekorrigeerde effektiewe temperatuur te bereken vir persone met ligte klere wat ligte werk verrig (Van Straaten, 1976:28 vanuit Bedford, 1946)



Dufton het in 1929 na 'n indeks gesoek wat warmte in die algemeen in die omgewing kon aandui, onafhanklik van kleredrag en aktiwiteite en daarom het hy die "eupatheoscope" ontwikkel. Dit het meer soos die menslike liggaam reageer ten opsigte van afkoeling in verhouding met die lugtemperatuur, lugbeweging en gemiddelde stralingstemperatuur (Burberry, 1992). Die hitteverlies was dieselfde gereken as die hitte inset en is op 'n termometerskaal gemeet as ekwivalente temperatuur (t_{eq}) (Markus & Morris, 1980). In 1936 het Dufton die oppervlaktemperatuur aangepas om meer ooreen te stem met 'n geklede persoon en alle lesings is verwys na stil lug-toestande (d.w.s 0,1m/s) (Markus & Morris, 1980). Tabel 1 toon die berekening van ekwivalente temperatuur (Burberry, 1992:85). In gebiede waar humiditeit weglaatbaar is, was dit 'n goeie konsep, maar dit is nie geskik vir temperature bo 24°C waar humiditeit 'n groter rol begin speel nie (Auliciems & Szokolay, 1997).

TABEL 1: Bepaling van ekwivalente temperatuur deur gebruik te maak van lugtemperatuur en gemiddelde stralingstemperatuur (Burberry, 1992:85)

Lugtemperatuur °C	Gemiddelde Stralingstemperatuur (°C) om die volgende te gee	
	Ekwivalente temperatuur 18,5°C	Ekwivalente temperatuur 21°C
10	32	37,5
12	28	34}
15,5	25	31
18,5	21	27
21	18,5	24
24	14,5	20

Vir enige gegewe ekwivalente temperatuur word die toestande met hoër MRT as AT gewoonlik verkies:

1. 12°C is die minimum aanvaarbare lugtemperatuur
2. Mees aanvaarbare
3. Opsigtelik minder aanvaarbaar as MRT minder as lugtemperatuur is.

Misserard (1933) ontwikkel die Resultante Temperatuur Indeks wat effektiewe temperatuur met inagneming van straling is (Burberry, 1992). Bedford het in 1936 die Ekwivalente Warmte Indeks ontwikkel wat gebaseer is op waarnemings tydens veldstudies en dit dan te analiseer (Burberry, 1992). Webb van die BRS het in 1961 die Ekwatoriale Indeks voorgestel wat soortgelyk is aan Bedford se indeks maar gegrond is op data van Singapoer (Burberry, 1992).

Nuwe verwickelinge in bepaling van die gemaksonse: die invloed van menslike aktiwiteite

Teen 1992 was daar twee tipes studies om die termiese gemak binnenshuis te bereken. Een metode was klimaatkamerstudies wat aangetoon het dat mense wat dieselfde aktiwiteite doen in dieselfde klere gemaklik is by dieselfde temperatuur ongeag van ouderdom, geslag, kultuur, ras, seisoen, kleur van die kamer óf die klimaat waaraan die kandidate gewoon was (Humphreys, 1992). Die verblyf in die klimaatkamer is van beperkte duur en is kunsmatig. Die tweede metode was veldstudies wat gedoen is met normale aktiwiteite in normale omgewings. Die temperatuur

waarby mense gemaklik voel kon bepaal word deur gemiddelde temperatuur van die kamer te meet wat verband hou met die buitetemperatuur van die spesifieke klimaatstreek en seisoen (Humphreys, 1992). Die gedagte was dat die proefpersone se gedrag hul gemak/ongemak sou aandui, eerder as om vrae te beantwoord wat bewustelik die aandag op gemak sou vestig. Die probleem in hierdie stadium was dat die twee studies nie ooreengestem het nie. Die veldstudies het 'n wyer reeks temperature as gemaklik uitgewys as die klimaat-kamerstudies.

Humphreys (Burberry, 1992) het gedemonstreer dat die mens nie by vinnige temperatuur veranderinge kan aanpas nie, maar as toestande oor 'n lang tydperk konstant bly kan 'n persoon sy klere verander om aan te pas by omstandighede. Tabel 2 toon die kombinasies van kleredrag en die clo-waarde daarvan wat deur sittende persone gedra word met die temperature waarby hulle gemaklik sal voel.

TABEL 2: Kombinasie van kleredrag (Burberry, 1992:85)

Clo-waarde	Tipe klere	Temperatuur waarby sittende persone gemaklik voel (°C)
0	Sonder klere	28,5
0,5	Ligte langbroek en t-hemp	25
1,0	'n Pak klere of 'n langbroek en oortrui	22
1,5	'n Dik pak klere, onderbaadjie en wolkouse	18
2,0	'n Dik pak klere, jas, wolkouse en hoed	14,5

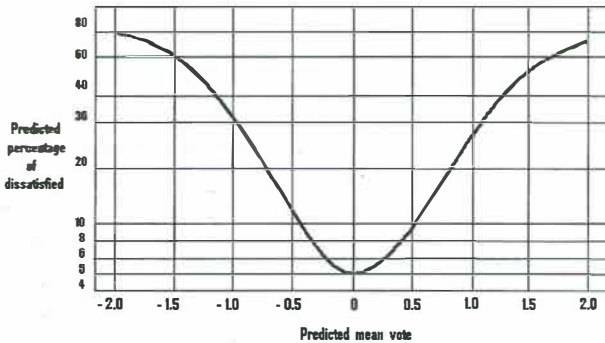
Fanger het in die jare sewentig die Gemakvergelyking ontwikkel. Hy het die temperatuur waarby gemak ervaar kan word afgelei vanaf die menslike hittevergelyking. Die voorwaarde wat die vergelyking gestel het vir termiese gemak by 'n sekere aktiwiteitsvlak was dat die veltemperatuur en sweet afskeiding binne 'n sekere limiet moet wees (Olgay, 1992). Hierdie statistiese formules is dan binne die algemene hittebalans in vergelyking geplaas. So is die klimaattoestande vir 'n gegewe metaboliese tempo en termiese weer-standbiedendheid van klere (clo-waarde) analities afgelei (Olgay, 1992; Steenkamp, 1987). Fanger lei die "Predicted Mean Vote" (PMV) vanaf die Gemakvergelyking op die 7-punt gemakskaal af (Tabel 3).

TABEL 3: Fanger se termiese skaal (Markus & Morris, 1980:53)

Koud	-3
Koel	-2
Effens koel	-1
Neutraal	0
Effens warm	+1
Warm	+2
Baie warm	+3

PMV meet die gemiddelde reaksie van 'n bevolking en dui die termiese onbehaaglikheid in 'n gegewe omgewing aan (Steenkamp, 1987). Almal tussen -1 en +1 sal as gemaklik beskou word en al die ander stemgetalle onder of bo die beperking is ongemaklik (Markus & Morris, 1980). Hy vergelyk die gerekenariseerde PMV met klimaatkamerstemme en lei die "Predicted Percentage Dissatisfied Persons" (PPD) daarvan af (Olgay, 1992). Die PMV hou direk verband met die persentasie mense wat verwag word wat ongemaklik is (Figuur 2).

FIGUUR 2: Die voorspelde persentasie ongemaklike mense (PPD) as 'n funksie van PMV (Markus & Morris, 1980: 55) wat daarop dui dat ten minste vyf persone van enige bevolking ontevrede sal wees



In 1988 het Tanabe (volgens Olgay, 1992) ses windsnelhede by Fanger se PMV gevoeg en bepaal dat die PMV's wat deur Fanger as te warm beskryf is, wel aanvaarbaar is. Fanger se PMV

het dus nie die verkoelingseffek van wind by medium-hoë temperature voldoende verreken nie.

Wentzel (1981, verwys na Steenkamp, 1987) beweer dat Fanger se indeks te beperkend is, want optimale gemak word beskou as wanneer mense termies neutraal voel. Die Agrémentraad beveel 27,5°C CET aan as die boonste limiet vir gemak en 6,5°C DBT as die onderste limiet (Steenkamp, 1987).

Met die ontwikkeling van inligtingstegnologie wat kan bydra tot die Siek Gebou Sindroom (SBS), het dit nodig geword dat geboue korrek ontwerp moet word om produktiwiteit te maksimaliseer. Ontwerp van geboue handel nie meer net oor die estetiese of behoud van termiese gemak nie. Meese *et al* (1982) het bewys dat veral koue bydra tot verlaagde produktiwiteit in die meeste take van fabriekswerkers hetsy manlik of vroulik, blank of swart. Hierdeur het hy ook bewys dat daar verskille is tussen die termiese gemaksones tussen geslagte en verskillende rasse. As gevolg van elektroniese apparaat en vervaardigingsprosesse moet omgewingstoestande meer beheer word as wat nodig is vir die mense gemak (Steenkamp, 1987).

Die ontstaan van ASHRAE- en ISO-standaarde

Winslow, Herrington en Gagge het begin om eksperimente te doen en inligting te versamel oor al ses veranderlikes (humiditeit, kleredrag, lugtemperatuur, straling, lugtemperatuur, aktiwiteit en windsnelheid) (Markus & Morris, 1980). Hierdie data het dan die basis geword vir die kriteria vir gemak van die "American Society of Heating, Refrigeration and Airconditioning Engineers" (ASHRAE). Een van die eerste indekse wat ontwikkel is, was die operatiewe temperatuur (t_o) wat soortgelyk is aan die ekwivalente temperatuur, maar wat verwys na 'n eenvormige omgewing wat gelyk is aan die werklike kombinasie van lugtemperatuur en straling en by dieselfde windspoed as die werklikheid (Markus & Morris, 1980).

'n Ander metode wat ASHRAE gebruik, is om termiese gemak te bepaal deur die mense direk uit te vra oor hoe hulle voel oor die omgewing deur gebruik van 'n sewe punt skaal (Tabel 4).

TABEL 4: ASHRAE-skaal (Markus & Morris, 1980:53)

Koud	1
Koel	2
Effens koel	3
Neutraal	4
Effens warm	5
Warm	6
Baie warm	7

ASHRAE het in die jare tagtig 'n nuwe indeks ontwikkel, die nuwe effektiewe temperatuur (ET*)-skaal wat al ses die hoofveranderlikes (humiditeit, kleredrag, lugtemperatuur, straling, lugtemperatuur, aktiwiteit en windsnelheid) in ag neem (Markus & Morris, 1980), maar gebaseer is op hitte-oordrag en fisiologiese beginsels, d.w.s. dit is die temperatuur (DBT) van 'n eenvormige omhulsel by 50% RH, wat dieselfde netto uitruiling van hitte deur straling, konveksie en verdamping sal hê as die gegewe omgewing (Auliciems & Szokolay, 1997).

Hierdie indeks is later uitgebrei na die Standaard Effektiewe Temperatuur (SET). Dit is die temperatuur van 'n eenvormige omhulsel by 50% RH, waar die gemiddelde liggaams-temperatuur van 'n sittende persoon (1,1 met) wat 0,6 clo dra in min luginbeweging (< 0,15 m/s) by seevlak dieselfde is as die werklike omgewing (Auliciems & Szokolay, 1997). Tabel 5 toon die verwantskap tussen termiese sensasie, ongemak en SET.

TABEL 5: Die mens se termiese reaksie op standaard effektiewe temperatuur (SET) (Gewysig vanuit Markus & Morris, 1980:56)

SET (°C)	Temperatuursensasie	Ongemak
40	Ontsettend warm Baie warm	Beperte toleransie Baie ongemaklik
35	Warm	Ongemaklik
30	Effens warm	Effens ongemaklik
25	Neutraal	Gemaklik
20	Effens koel	
15	Koel	Effens ongemaklik
10	Koud Baie koud	Ongemaklik

Volgens Oleson (1982, verwys na Steenkamp, 1987) is die ISO standaard vir gemak in 'n matige termiese omgewing $-0,5 > PMV < 0,5$ en $PPD < 10\%$.

Burberry, (1992:83) beweer dat gemaksindekse nie menslike gemak kan definieer nie "since they mask in one unified value

directional variations of radiation, temperature gradients in the air or other factors which could cause unsatisfactory conditions which must be designed separately." Dit wil sê 'n vaste temperatuur kan nie gegee word as riglyn vir termiese gemak nie. 'n Persoon pas sy omgewing en klere aan by die heersende omgewingstoestande en is (binne perke) gemaklik solank as wat termiese toestande redelik konstant is ongeag van die fisiese waardes (Burberry, 1992).

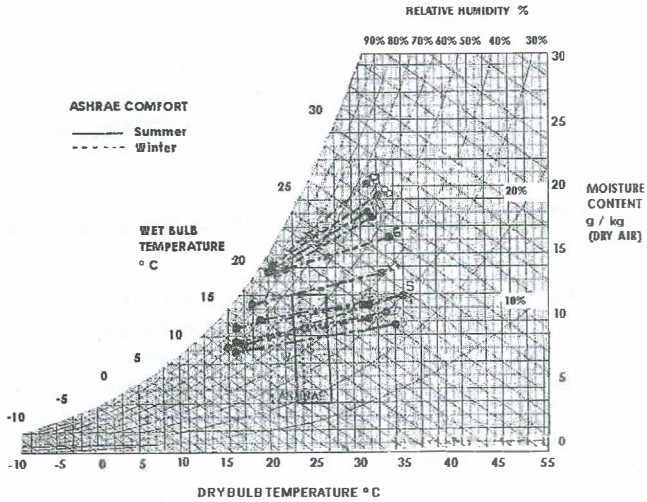
Die gebruik van psigometriese kaarte vir die bepaling van die termiese gemaksone

Szokolay (1986) gebruik psigometriese kaarte vir die bepaling van gemaksones in warmer klimate. Die temperatuur waarvoor beheer uitgeoefen word, is die verskil tussen die klimaattoestande en die begeerde binnenshuise toestande. Die psigometriese kaart toon die droë lug temperatuur ($^{\circ}\text{C}$) op die X-as aan en die AH (g/kg) of dampdruk (kPa) op die Y-as aan. Hierdie metode het ook 'n aanduiding van 'n groot verskeidenheid ander veranderlikes soos nat lugtemperatuur, RH, entalpie en digtheid gegee (Szokolay, 1986).

ASHRAE het ook 'n gemaksone op die konvensionele psigometriese kaart getrek. Dit spesifiseer die grense vir lugtemperatuur en humiditeit, vir sittende mense binne geboue waar meganiese meganismes die binnenshuise klimaat moet beheer (Givoni, 1992). Dit word hoofsaaklik gebruik vir kantoorgeboue met lugreëling, maar dit word ook gebruik om die binnenshuise klimaat van huise te bepaal. Volgens Givoni (1992) kan hierdie psigometriese grafiek nie so effektief gebruik word om toestande binne geboue sonder lugreëling te bepaal nie, omdat die grense van die gemaksone verskil. Die ASHRAE humiditeit- en lugspoedbeperkinge neem nie akklimatisering en verwagtinge van gemak van mense in warm vogtige klimaat in ag nie soos aangedui deur *Figuur 3*. Selfs die minimum temperature word as ongemaklik beskou en in werklikheid word dit as gemaklik of selfs koel deur die inwoners ervaar.

De Lange & Holm/Die geskiedenis van die ontwikkeling van die termiese gemaksone-konsep

FIGUUR 3: Die ASHRAE-gemaksone van 'n gebied met 'n warm vogtige klimaat

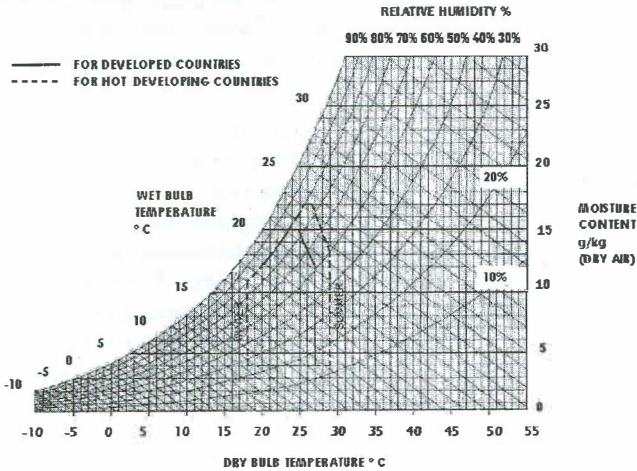


(Givoni, 1992:12)

Olgay (Givoni, 1992) het in hierdie stadium die gemaksone met behulp van sy 'bioklimatiese benadering' bepaal. Die effek van alle eksterne klimaat-elemente is op een kaart saamgevoeg en was soortgelyk aan Szokolay se psigometriese kaart.

Givoni (1992) ontwikkel die "building bioclimatic chart" (BBCC) om die probleme wat met Olgay se kaart ondervind is te probeer oplos. Die BBCC-kaart was op binnehuise temperature gebaseer in plaas van buitemuurse klimaat. Dit was spesifiek gerig op natuurlik geventileerde geboue en het voorsiening daarvoor gemaak dat mense in hierdie geboue gewoon sou raak aan hoër temperature of humiditeite (Brager & De Dear, 1998). Givoni se bioklimatiese kaart maak voorsiening vir gematigde en warm klimaat en dit kan gebruik word vir bepaling van die gemaksone onder windstil toestande, in geventileerde geboue, geboue met konveksie verkoeling, direkte en indirekte verdampingsverkoeling en passiewe sonverhitting (Givoni, 1992). *Figuur 4* is Givoni se bioklimatiese kaart wat die grense van die gemaksonne by windstilte toon.

FIGUUR 4: Grense van die gemaksone onder windstil-toestande vir somer en winter, vir gematigde en baie warm klimaatstreke (Givoni, 1992:15)



Die hede

Gebruik van klimaatindekse

Die huidige standaarde vir termiese gemak is steeds op die hittebalans-model van die menslike liggaam gebaseer en is afkomstig van veelvuldige klimaatkamerstudies (Brager & De Dear, 1998). Hierdie standaarde was oorspronklik ontwikkel vir ontwerp van lugverkoelde geboue en dieselfde standaarde word ook aanvaar vir natuurlik geventileerde geboue. In die praktyk bied hierdie standaarde nie riglyne vir die ontwerp van natuurlik geventileerde geboue nie en dit gee nie die inwoners 'n manier om beheer uit te oefen oor hulle termiese omgewing nie (Brager & De Dear, 1998).

Auliciems & Szokolay het in 1997 besef dat fisiologiese neutraliteit (termiese ewewilrium waar $S = 0$) beteken nie noodwendig gemak nie. 'n Paar ander faktore soos ondervindinge in die verlede, sosio-kulturele faktore, gewoontes en verwagtinge speel ook 'n rol. Fisiologiese neutraliteit mag wel 'n voorvereiste wees vir gemak (dit wil sê daar moet eers fisiologiese neutraliteit bestaan voor gemak bereik kan word) (Auliciems & Szokolay, 1997).

Akklimatisering word deur die meeste indekse nie in ag geneem nie. Baie mense gebruik DBT as 'n indeks vir termiese gemak of neutraliteit. DBT is die mees bruikbare meting van die spesifikasie vir gemak, maar vir die meting van die mate van ongemak of stres moet ander maniere gevind word wat ook ander omgewingsfaktore in ag neem: humiditeit, straling en lugbeweging.

Internasionaal bestaan daar tans spesifieke wetgewing wat gebruik word om gemak binne geboue te bereik ten opsigte van lugkwaliteit (Truter & Annegarn, 1991), maar daar bestaan geen spesifieke wetgewing in SA nie. Dele van bestaande wette soos die Wet op Masjinerie en Beroepsveiligheid no. 6 1983 word in SA gebruik as regulasies vir bepaling van termiese gemak binne die werksopset in kommersiële geboue (Truter & Annegarn, 1991). Die nodigheid en die toepassing van beheer in die industriële werksopset word algemeen aanvaar, maar die toepassing van die regulasie word nie afdwing nie weens sekere objeksies tot die benadering.

Adaptiewe model

Bogenoemde was slegs statistiese modelle en dit is duidelik dat veldstudies van termofisiologiese voorspellings verskil. Die mense termiese voorkeure word ook beïnvloed deur 'n geografiese komponent. Volgens verbale kommunikasie is termiese neutraliteit (waar min stress ervaar word) 'n afhanklik van die gemiddelde DBT of bal-temperatuur (T_{bi}). Dit is belangrik om weereens daarvan kennis te neem dat daar nie 'n konstante of statiese optimum vir gemak bestaan nie. Mense se temperatuurvoorkeure word beïnvloed deur beide buitemuurse en binnemuurse faktore.

Auliciems (1981) het 'n adaptiewe model vir termoregulering geformuleer waar termiese voorkeur gesien word as die som van die fisiologiese reaksie op die onmiddellike binneshuise parameters (soos die klimaatstreek, sosiale omstandighede, ekonomiese oorwegings en ander kontekstuele faktore, gemeet deur die indekse) en verwagtinge, gebaseer op vorige ondervindinge. 'n Verbetering op die adaptiewe model neem in ag dat die mens 'n belangrike rol speel in die skep van hulle eie termiese voorkeure deur die manier hoe hulle in die omgewing omgaan, hulle eie gedrag verander (persoonlik, omgewing, tegnologie of kultureel), geleidelik hulle verwagtinge verander

(deur sielkundige aanpassings) en fisiologiese veranderinge (genetiese aanpassing, akklimatisering) ondergaan om by die omgewing aan te pas (Brager & De Dear, 1998).

Die hittebalans en adaptiewe benaderinge tot bepaling van termiese gemak komplimenteer mekaar. Wanneer die hittebalansmodel gebruik word om termiese gemak in bestaande geboue te bepaal moet veldstudies die termiese toestande direk by die inwoner in terme van tyd en ruimte meet en 'n versigtige opname maak van die aktiwiteite, klere en die effek van die stoel of bank. Die adaptiewe model kan terselfdetyd 'n bydrae maak, deur die terugvoer tussen ongemak en gedrag om aan te pas by die temperatuur, in berekening te bring (Brager & De Dear, 1998).

Samevatting

Daar is sterk druk om 'behaaglikheid' te definieer. Die druk het sosiale en ekonomiese dimensies, maar ook omgewings-oorewegings. Die geskiedkundige verloop van die ondersoeke na 'behaaglikheid' het oorspronklik uitgegaan van die veronderstelling dat daar 'n enkele indeks vindbaar sal wees wat as algemeen geldige maatstaf wêreldwyd en vir almal sal geld. Aanvanklik is gehoop dat 'n enkele droëbal-temperatuur aan hierdie eis sal voldoen. Die enkel-temperatuurkonsep moes op grond van bevindings tot 'n temperatuursone verruim word. Hierdie sone is as 'n statistiese begrip met vae grense geïnterpreteer en die dimensies van straling, lugbeweging, kleredrag en metabolisme moes daarby geïntegreer word. Dit verteenwoordig die tans aanvaarde ISO-standaard.

Hierdie standaard is egter onhoudbaar ten aansien van die jongste bevindings wat kwantifisering kan verleen aan akklimatisering en adaptasie. Verkennende werk van geslag en rasvoorkeure is reeds gedoen. Terwyl histories veel werk op die gebied van 'behaaglikheid' gedoen is, lê die veld van omgewingstoestande vir produktiwiteit hoofsaaklik braak.

Bibliografie

- AULICIEMS, A. & SZOKOLA Y, S.V.
1997. Thermal Comfort. *Passive & Low Energy Architecture International Design Tools & Techniques*. In Association with the University of Queensland Department of Architecture. Brisbane.
- BEDFORD, T.
1946. *Environmental Warmth and its Measurement*. Medical Research Council War Memorandum No. 17, H.M.S.O.
- BRAGER, G.S. & DE DEAR, R.J.
1998. Thermal adaptation in the buildt environment: a literature review. *Energy and Buildings*, 27, pp. 83-96.
- BURBERRY, P.
1992. *Environment & Services*. 7 de uitgawe. Longman Scientific & Technical: UK.
- GIVONI, B.
1992. Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*. 18, pp. 11-23.
- GIVONI, B.
1997. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. U.S.A.: Van Nostrand Reinhold.
- HOLM, D.
1996. *Manual for Energy conscious design*. Department Minerals and Energy. Directorate Energy for development. Pretoria.
- HOLM, D. & VILJOEN, R.
1996. *Primer for energy conscious design*. Department Minerals and Energy. Directorate Energy for development. Pretoria.
- HUMPHREYS, M.A.
1992. Thermal Comfort in the context of energy conservation. Roaf, S. & Hancock, M. (Ed's) In: *Energy Efficient Building*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- MEESE, G.B., KOK, R. & LEWIS, M.I.
1985. The effects of Moderate cold and Heat Stress on the potential work performance of Industrial workers. Part 5. CSIR Research report 590. National Building Research Institute. Pretoria.
- MEESE, G.B., KOK, R. & LEWIS, M.I.
1986. The effects of Moderate cold and Heat Stress on the potential work performance of Industrial workers. Part 6. CSIR Research Report 630. National Building Research Institute. Pretoria.
- MARKUS, T.A. & MORRIS, E.N.
1980. *Buildings, Climate & Energy*. London: Pitman publishing Limited.

OLGYAY, V.

1992. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to architectural regionalism*. Van New York: Norstrand Reinhold.

STEENKAMP, I.L.

1987. 'n Opvoedkundige analise rekenaarprogram vir behuising. MA-verhandeling. PE: UPE.

SZOKOLA Y, S.V.

1986. Climate analysis based on the psychrometric chart. *International Journal of Ambient Energy*, 7(4), pp. 171-182.

SZOKOLAY, S.V.

1990. Climate Indices. *International Journal of Ambient Energy*, 11(3), pp. 115-120.

TRUTER, R. & ANNEGARN, H.J.

1991. Indoor Air - A regulatory imperative. Proceedings of the first South African Conference on Indoor Air Quality. 20th May, Eskom College, Midrand.

VAN STRAATEN, J.F.

1967. *Thermal Performance of Buildings*. New York: Elsevier Publications.

WENTZEL, J.D.

1981. Acceptable indoor thermal environmental conditions. *Research Report R/Bou 895*. Pretoria: CSIR.