

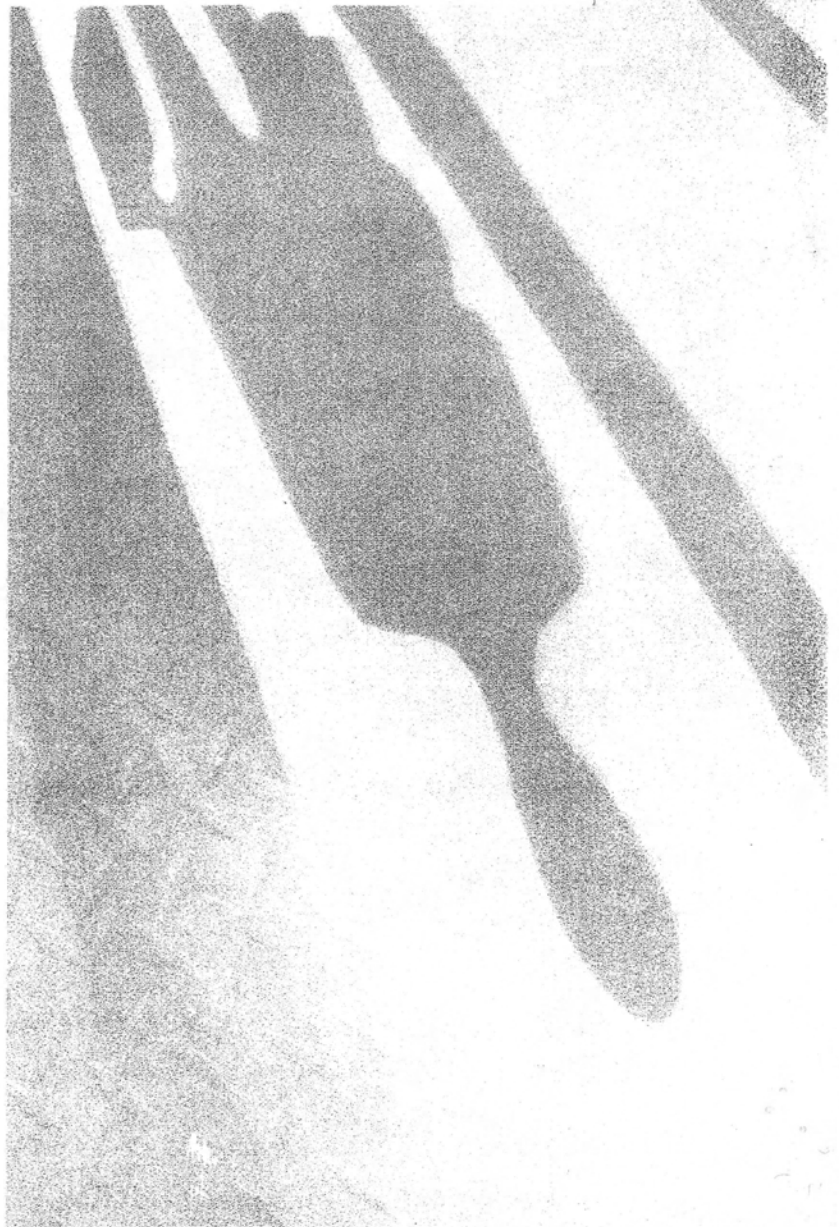


**OPLEIDING VOOR
ARBOCONSULTANTS**

**WERKEN ONDER EEN TIJDELIJK
ONCOMFORTABEL BINNENKLIMAAT
IN BEDRIJFSRUIMTEN**

**Naar een praktisch bruikbaar instrument
voor het beoordelen van een warm binnenklimaat**

C.M.H. Zonneveld



**WERKEN ONDER EEN TIJDELIJK
ONCOMFORTABEL BINNENKLIMAAT
IN BEDRIJFSRUIMTEN**

**Naar een praktisch bruikbaar instrument
voor het beoordelen van een warm binnenklimaat**

C.M.H. Zonneveld

Scriptie ter afsluiting van de
Postdoctorale Opleiding voor Arboconsultants

aan

de Universiteit van Amsterdam

Master of Science in Occupational Health

Leergang 9
1996-1998

februari 1999

werken onder een tijdelijk oncomfortabel binnenklimaat in bedrijfsruimten

*naar een praktisch bruikbaar instrument voor
het beoordelen van een warm binnenklimaat.*

Februari 1999. Leergang 9.

Samengesteld voor de opleiding voor arboconsultants
door Koen Zonneveld

Bestandsnaam: C:\data\WPDOC\VGWA\scriptie\scriptie.wpd

Inhoudsopgave

Voorwoord	
Samenvatting	1
Verklarende woordenlijst en symbolenlijst	2
verklarende woordenlijst	2
Symbolenlijst	4
1. Inleiding	5
2. Achtergrond en probleemstelling	6
2.1 Achtergronden	6
2.2 Regelgeving	7
2.3 Doel scriptie	7
2.4 Doelgroep	8
2.5 Probleemstelling	8
2.5.1. Hoofdvraag	8
2.5.2. Relevante vraagstelling	8
2.6 Gevolgde methode	9
2.7 Mijn visie op dit probleem	9
behaaglijk en gelijkmatig klimaat	9
Arbeidshygiënische strategie	9
Strategie-keuze	10
3 De reactie van het lichaam op koude en warmte	11
3.1 De thermoregulatie van het lichaam	11
3.1.1 warmtebalans	11
Straling	11
Verdamping	11
Stroming	12
Geleiding	12
3.1.2 De reactie van het lichaam op temperatuurveranderingen	12
Wat gebeurt er als de lichaamstemperatuur daalt?	13
Wat gebeurt er als de lichaamstemperatuur stijgt?	13
3.1.3 samenvatting	14
3.2 De mens in het thermische werkklimaat	14
3.3 Acclimatisatie	15
3.3.1 Acclimatisatie in de kou	15
3.3.2 Acclimatisatie in de warmte	15
3.4 Individuele verschillen	15
3.4.1 Individuele verschillen bij koude	16
3.4.2 Individuele verschillen bij warmte	16
4. VGW-risico's oncomfortabele omstandigheden	18
4.1 VGW-risico's bij koude	18
4.1.1 Veiligheidsrisico's	18
4.1.2 Gezondheidsrisico's	18
4.1.3 Welzijnsrisico's	18

4.2 VGW-risico's bij warmte	19
4.2.1 Veiligheidsrisico's	19
4.2.2 Gezondheidsrisico's bij warmte	19
4.2.3 Welzijnsrisico's bij warmte	20
5. De belangrijkste factoren	21
5.1 Inleiding	21
5.2 De belangrijkste factoren in het koude gebied	21
5.3 De belangrijkste factoren in het comfort-gebied	22
5.4 De belangrijkste factoren in het warme gebied	22
5.5 Overige factoren	23
5.5.1 Overwerk en ploegendienst	23
5.5.2 Veel of weinig afwisselend werk	23
5.5.3 Bouwkundige omstandigheden	23
5.5.4 De aard van het productieproces	24
5.5.5 Andere belastende arbeidsomstandigheden	24
5.5.6 Individuele aanpassingsmogelijkheden	24
6. Methoden om klimaatsituaties te beoordelen	25
6.1 Inleiding	25
6.2 Methoden om een behaaglijk klimaat te beoordelen	25
6.2.1 De L-index	25
6.2.1.1 Normen L-index	25
6.2.1.2 Toepasbaarheid L-index	25
6.2.2 Het behaaglijkeheidsdiagram (Fanger)	26
6.2.2.1 Factoren afhankelijk van elkaar	26
6.2.2.2 PMV	26
6.2.2.3 PPD	26
6.2.2.4 Normen behaaglijkeheids-index	27
6.2.2.5 Toepasbaarheid behaaglijkeheids-index	27
6.3 Methoden om een warm klimaat te beoordelen	28
6.3.1 WBGT-index	28
6.3.1.1 Normen WBGT-index	29
6.3.1.2 Toepasbaarheid WBGT-index	29
6.3.2 De vereiste zweetproductie index	29
6.3.2.1 Normen index vereiste zweetproductie	30
6.3.2.2 Toepasbaarheid vereiste zweetproductie index	30
6.3.3 Inventarisatie van klimaatknelpunten	30
6.3.3.1 Toepasbaarheid inventarisatie van klimaatknelpunten	31
6.4 Bruikbaarheid methoden voor mijn doel	31
7. Grenswaarden voor het binnenklimaat	33
7.1 De grenswaarden voor het comfort gebied	33
7.1.1 Veel voorkomende situaties	33
7.1.2 Conclusies	33
7.1.3 Voorbeelden	34
7.2 De grenswaarden in het warme gebied	34
7.2.1 De grenswaarden met de WBGT-methode	34
7.2.2 De grenswaarden met de vereiste zweetproductie index	35
7.3 Voorstel grenswaarden	35
8. Naar een praktisch instrument	37
8.1 Inleiding	37

8.2 Stappenplan arbobeleid	37
8.3 Toelichting	38
8.4 Gebruiksaanwijzing beoordelingslijst	39
9. Maatregelen	44
9.1 Inleiding	44
9.2 Mogelijke maatregelen (voorbeelden)	45
9.3 Bespreek-tabel (voorbeeld)	46
10. Toepasbaarheid en implementatie van de beoordelingslijst.	47
10.1 Toepasbaarheid van de beoordelingslijst	47
10.2 Evaluatie criteria instrument	47
10.3 Implementatie van de beoordelingslijst	48
Literatuurlijst	49
Noten	51

Bijlagen

Bijlage 1: wettelijke regels	54
Arbeidsomstandighedenbesluit. Art. 6 binnen- en buitenklimaat	54
Beleidsregels. Paragraaf 6, hoofdstuk 6: fysische factoren	54
Bijlage 2: temperatuur en relatieve vochtigheid in Nederland.	55
Bijlage 3: grenswaarden comfortgebied.	56
Bijlage 4: referentiewaarden voor de WBGT-index.	58

Voorwoord

Deze scriptie heb ik geschreven in het kader van mijn opleiding tot arboconsultant aan de Opleiding voor Arboconsultants (Universiteit van Amsterdam).

Als kind heb ik bloembollen schoongemaakt in laaggebouwde schuren met golfplaten dak waar de luchttemperatuur niet zelden in de buurt kwam van 40°C.

Als achttienjarige werkte ik enkele weken in een warme, vochtige kas in Canada, terwijl het buiten meer dan 30°C was. Daarna ben ik niet ingegaan op een aanbod van het arbeidsbureau om als elektricien te gaan werken op sectie B van de Noordpool (een Canadese sectie). Ik herinnerde mij de dode vingers en tenen nog te goed, die ontstonden toen wij thuis met enkele, eerder zware dan goed isolerende, oude dekens om zaten te leren boven. Er was maar 1 kachel in huis: een kolenkachel in de huiskamer. Maar daar was het moeilijk "durch, für, ohne, um" memoriseren, terwijl er al 10 mensen in de kamer zaten.

Ook ben ik ooit bijna flauw gevallen toen ik een lamp moest repareren in een koelcel (-20°C) van het slachthuis in Den Haag, terwijl het buiten + 30 °C was.

Toen ik bij de reparatie/revisie afdeling voor de F27 bij Fokker werkte, moest ik onder andere generatoren repareren van 35 kilo in een werkplaats die tijdelijk zeer oncomfortabel was. Ik moest 's zomers deze generatoren naar de testbank tillen, gekleed in een overall, terwijl de luchttemperatuur in de werkruimte de 36°C naderde.

Ik was dus uit eigen ervaring zeer gemotiveerd om deze scriptie te schrijven.

Deze scriptie is vooral bestemd voor werknemers die in bedrijfsruimten werken waar het arbeidsklimaat **tijdelijk** oncomfortabel is. Ik heb daarbij vooral bedrijven in gedachten waar geen permanente warmte- of koude-bron is. En waar de winstmarges en dus de ruimte om te investeren niet al te groot zijn. Bestuurders en actieve leden van vakbonden en Ondernemingsraden kunnen dit werkstuk gebruiken om in overleg te treden met de werkgever(s). Zij kunnen het in deze scriptie gepresenteerde instrument als uitgangspunt nemen om tijdelijk oncomfortabele klimaat-omstandigheden te beoordelen. En op grond van die beoordeling beslissingen te nemen.

Dit werkstuk is tot stand gekomen dankzij deskundig commentaar van dr. Paul Ulenbelt, werkzaam als hoofd van de unit Kwaliteit van de arbeid van FNV Bondgenoten. Ik wil ook de kaderleden in de landelijke VGWM werkgroep KAG bedanken voor hun commentaar. Ik was niet erg ver gekomen zonder de wetenschappelijke prikkels van de heer Den Hartog van TNO technische menskunde en de heren Been en Houtenbos van de afdeling research van ingenieursbureau Van Buuren van Swaay. Ook wil ik mevrouw ir. J.A.M. Ceelen in het bijzonder bedanken voor haar gedetailleerde commentaar.

Ik wil de afdeling opleidingen en organisatie van FNV Bondgenoten bedanken voor hun geduld en voor de gelegenheid die ik heb gekregen om deze scriptie gedeeltelijk in werktijd te schrijven. Tot slot had deze scriptie nooit kunnen schrijven zonder de morele en tekst-inhoudelijke steun van mijn lief, Tiny Koppens, die ik de laatste tijd noodgedwongen veel te weinig aandacht heb kunnen geven.

Waar in deze scriptie de mannelijke vorm wordt gebruikt kan ook de vrouwelijke worden gelezen.

Samenvatting

In deze scriptie presenteer ik een instrument voor werkgevers en werknemers in bedrijven om een tijdelijk warm binnenklimaat in bedrijfsruimten zelf te kunnen beoordelen. De literatuur en regelgeving over het beoordelen van binnen-klimaten is nogal specialistisch en door leken moeilijk te interpreteren. Dit bevordert niet de zelfwerkzaamheid. In deze scriptie ga ik in op de reactie van het lichaam op koude en warmte en de mogelijke VGW-risico's daarbij. Ik ga op zoek naar de belangrijkste factoren die het binnenklimaat bepalen en ik beschrijf de belangrijkste methoden om binnen-klimaten te beoordelen. Ik som een aantal mogelijke maatregelen op en geef een methode aan om die maatregelen in bedrijven te bespreken. De scriptie eindigt met een beoordelingslijst tijdelijk warm binnenklimaat in bedrijfsruimten. Met die lijst kunnen leidinggevenden van een afdeling en (vertegenwoordigers van) het personeel de klimaatsituatie ter plaatse beoordelen. De beoordelingslijst moet gezien worden als hulpmiddel bij het opstellen van arbo-beleid op dit terrein.

Verklarende woordenlijst en symbolenlijst

verklarende woordenlijst

Binnenklimaat

Deze scriptie richt zich wat het binnenklimaat betreft vooral op het thermische klimaat. En niet op luchtverversing, geuren, hoeveelheid stofdeeltjes in de lucht of toxiciteit van de lucht. Als ik werkklimaat of binnenklimaat schrijf bedoel ik het thermische klimaat, dat bepaald wordt door: lucht- en stralingstemperatuur; vochtigheid van de lucht en de luchtsnelheid.

Comfortabel binnenklimaat

Onder een comfortabel binnenklimaat van een bedrijfsruimte versta ik een thermische conditie waarin de daarin werkzame personen zich behaaglijk en tevreden voelen. In een comfortabel klimaat zijn productie en opname van warmte door het lichaam in evenwicht met de afgifte. Er is sprake van een stabiele, neutrale, situatie. Volgens de beleidsregels arbeidsomstandighedenbesluit (beleidsregel 6.1) is er sprake van thermische behaaglijkheid als minder dan 10% van de werknemers klachten over het klimaat kenbaar maakt. Zie ook Fanger, 1970.

Kledingweerstand

Weerstand van kleding tegen warmtedoorgang (isolatie). Wordt uitgedrukt in m^2K/W (vierkante meter Kelvin per Watt), maar in de meeste literatuur wordt de eenheid clo gebruikt. $1 \text{ clo} = 0,155 m^2K/W$.

Koudeval

Koudeval ontstaat als lucht bij koude muren of ramen afkoelt en naar beneden zakt (koude lucht is zwaarder dan warme lucht). Als je daar zit te werken krijg je koude voeten en benen.

Luchttemperatuur

De "droge" temperatuur van de lucht. De temperatuur die wij met een gewone thermometer meten.

Luchtsnelheid

Snelheid waarmee lucht langs het lichaam stroomt. Dit kan veroorzaakt worden door de luchtverplaatsing zelf (tocht), maar ook doordat de mensen zich verplaatsen door de lucht (lopen, rijden op een heftruck en dergelijke).

Luchtvochtigheid

Maat voor de hoeveelheid vocht in de lucht. Absolute luchtvochtigheid is de hoeveelheid waterdamp per kubieke meter (of per liter) lucht. Relatieve vochtigheid is het percentage waterdamp in lucht van een bepaalde temperatuur, ten opzichte van de maximale hoeveelheid waterdamp die lucht van die temperatuur kan bevatten (warme lucht kan meer waterdamp bevatten dan koude lucht).

Metabolisme

Interne warmteproductie van het lichaam. Wordt uitgedrukt in W/m^2 (Watt per vierkante meter). Het metabolisme hangt af van de activiteit van het lichaam. Bij licht werk is het metabolisme lager dan bij zwaar lichamelijk werk.

Natuurlijke natte luchttemperatuur

De temperatuur die wordt aangegeven door een thermometer waarover een nat gemaakt kousje is aangebracht. Het kousje wordt op natuurlijke wijze geventileerd (dus zonder geforceerde luchtstroom). Dit meetinstrument is gevoelig voor de temperatuur, de vochtigheid en de snelheid van de lucht. Het wordt ook wel natte bol temperatuur genoemd.

Stralingstemperatuur

Alle voorwerpen stralen warmte uit via elektromagnetische golven naar andere voorwerpen. Dus zonder contact met elkaar te maken. De stralingstemperatuur is een "gemiddelde" van de warmte die de muren, de vloer en het plafond, de ramen, de voorwerpen in de ruimte en eventueel de zon die naar binnen schijnt, uitstralen naar de mensen in die ruimte.

Tocht

Tocht is lucht die zich met een bepaalde snelheid door de werkruimte verplaatst. Zeker als die lucht koud is ten opzichte van de temperatuur in de werkplaats, wordt dat al snel door mensen als hinderlijk ervaren.

Zwarte bol temperatuur

Dit is de temperatuur in het centrum van een dunne matzwarte bol van 15 cm. De thermometer in de zwarte bol is gevoelig voor de stralingstemperatuur. Het verschil tussen de temperatuur die in de zwarte bol wordt gemeten en de voor straling afgeschermden luchttemperatuur wordt bepaald door de lichtsnelheid en de hoeveelheid straling die uit de omgeving op de bol valt.

Symbolenlijst

Symbol	Begrip	Eenheid
Icl	kledingweerstand	clo of m^2K/W
Tl	luchttemperatuur	$^{\circ}C$
Ts	stralingstemperatuur	$^{\circ}C$
RV	relatieve vochtigheid	%
VI	luchtsnelheid	m/s
M	metabolisme	W/m^2
C	convectie	W/m^2
E	verdamping (evaporatie)	W/m^2
K	geleiding (conductie)	W/m^2
R	straling (radiatie)	W/m^2
Res	C en E bij ademhaling	W/m^2
Tln	natte luchttemperatuur	$^{\circ}C$
Tzb	zwarte bol temperatuur	$^{\circ}C$
V	relatieve luchtsnelheid	m/s

1. Inleiding

Deze scriptie gaat over het werken onder een tijdelijk oncomfortabel binnenklimaat van bedrijfsruimten. Ik richt mij daarbij op de klimaat-factoren luchttemperatuur, stralingstemperatuur, vochtigheid van de lucht en luchtsnelheid. En niet op luchtverversing, geuren, hoeveelheid stofdeeltjes en toxiciteit van de lucht.

Als het binnenklimaat van bedrijfsruimten permanent slecht is wordt hier soms wel iets aan gedaan. Als het gaat om een tijdelijk oncomfortabel klimaat lijkt de noodzaak hier iets aan te doen minder groot. Het probleem is immers van tijdelijke aard en gaat vanzelf weer over. Toch zijn de VGW-risico's van warmte- en koudebelasting groot. De regelgeving is tamelijk complex en door leken moeilijk te interpreteren. Terwijl de overheid zegt werknemers en werknemers meer mogelijkheden te willen geven om arbeidsomstandigheden zelf vorm te geven.

Juist bij tijdelijk oncomfortabele omstandigheden is het van belang snel maatregelen te nemen (anders zijn de omstandigheden alweer voorbij). Dan zullen werknemers en werkgevers zelf in staat moeten zijn een beoordeling van de omstandigheden te maken en op grond daarvan te bepalen welke maatregelen nodig zijn.

Met deze scriptie probeer ik een in de praktijk hanteerbaar instrument te ontwikkelen voor werknemers die tijdelijk te maken hebben met overschrijding van de comfortgrenzen van hun werkklimaat. Het instrument moet door werknemers zelf te hanteren zijn. Op grond van het instrument moeten werknemers een beslissing kunnen nemen over:

- stoppen of doorgaan met werken;
- aanpassen van het arbeidstijden/pauze-regime;
- inschakelen van een deskundige.

In hoofdstuk twee omschrijf ik de achtergronden van de problematiek van een tijdelijk oncomfortabel binnenklimaat van bedrijfsruimten. Hier staat verder wat ik met dit werkstuk wil bereiken. Hoe ik getracht heb het probleem om te zetten in een onderzoekbare en relevante vraagstelling. En welke methode ik heb gevolgd. De reactie van het lichaam op koude en warmte staat in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 beschrijf ik de mogelijke VGW-risico's bij het werken onder een tijdelijk oncomfortabel binnenklimaat. In hoofdstuk 5 ga ik op zoek naar de belangrijkste factoren die het binnenklimaat bepalen. Hoofdstuk 6 bevat een aantal van de meest gebruikte methoden om te bepalen of er een probleem is. In hoofdstuk 7 tracht ik de vraag te beantwoorden of, en zo ja welke, grenswaarden aan te geven zijn voor het binnenklimaat. En in hoeverre die grenswaarden in de praktijk te hanteren zijn bij een tijdelijk oncomfortabele situatie. In hoofdstuk 8 probeer ik eventuele grenswaarden te vertalen in een praktisch instrument. Mogelijke maatregelen beschrijf ik in hoofdstuk 9. Hoofdstuk 10 beschrijft hoe toekomstige gebruikers het instrument ervaren en hoe de implementatie van het instrument zou kunnen verlopen.

2. Achtergrond en probleemstelling

2.1 Achtergronden

Er zijn in Nederland heel wat werkplekken waar warme en koude klimaatomstandigheden heersen. In de winter kan het erg koud zijn en in de zomer erg warm. In sommige werkplaatsen is ook nog sprake van een warmtebron. Denk bijvoorbeeld aan de papier-industrie, de warmwalserij bij Hoogovens, wasserijen. Of er is sprake van een koudebron, denk bijvoorbeeld aan koelcellen, slachthuizen en dergelijke. Warme en koude werkplekken betekenen een extra arborisico. Er zijn onderzoeken waaruit blijkt dat het aantal ongevallen bij warmte en bij koude toenemen (zie ook de figuren 3 en 4 in hoofdstuk 4). In de gevallen waar sprake is van een permanente warmte- of koudebron worden soms maatregelen genomen om de belasting voor werknemers weg te nemen of te verminderen. Er worden specialisten bij gehaald, er wordt gemeten, soms schaft het bedrijf een duur meetapparaat aan. Dat is veel minder het geval bij tijdelijk oncomfortabele klimaatcondities. De klimaatomstandigheden zijn van tijdelijke aard en mogelijke risico's verdwijnen immers vanzelf?

Toch kunnen we ervan uit gaan dat vooral de tijdelijk warme klimaatomstandigheden zullen toenemen. Er is een tendens naar opwarming van de aarde en steeds hetere en langere zomers. Steeds meer mensen worden zich bewust van de relatie tussen klimaat en mogelijke risico's. In de zomers van 1994 en 1995 hadden delen van de wereld te maken met langdurige hitte. In Europa kostten de hittegolven in die jaren honderden mensen het leven en in het midden van de Verenigde Staten vielen mede als gevolg van de hitte meer dan duizend doden. Volgens Parsons (1993) lopen 2 per 1000 werknemers het risico een hitte-beroerte (heat stroke) te krijgen met mogelijk een dodelijke afloop.

Uit Nederland zijn deze cijfers niet bekend¹. In het weerbericht wordt tegenwoordig zelfs gewaarschuwd voor een bepaalde zonnekracht. Die zonnekracht-waarschuwing wordt tot nu toe niet gegeven voor werkende mensen, maar voor recreërende. Overigens lijkt het tijdelijk warme werkklimaat een groter probleem dan het tijdelijk koude werkklimaat, omdat de sociale acceptatie voor een kachel in een werkplaats groter lijkt te zijn dan voor airconditioning (behalve misschien op kantoor).

Uit onderzoek in de industrie blijkt dat klachten over het klimaat het hoogst scoren. 57% blijkt ontevreden over het onderwerp warm werkklimaat. Uitgesplitst naar afzonderlijke aspecten van klimaat leverde dit onderzoek het volgende op (Schalkoort, 1994²):

Rangorde	Klacht	% ontevredenen
1	warmte	54,6
2	luchtverversing	36,3
3	tocht	38,5
4	temperatuurwisselingen	31,7

Ook in kantoren scoort het klimaat het hoogst op de ranglijst van klachten. In een onderzoek in 1989 is temperatuur met 52,5% de belangrijkste klacht (Bergs, J.A.).

De relatie (binnen-) klimaat en arborisico's begint steeds meer aandacht te krijgen. Ook in de regelgeving.

2.2 Regelgeving

Sinds 1 juli 1997 is het nieuwe Arbobesluit van kracht. Volgens art. 6.1 van het Arbobesluit moet het klimaat op de arbeidsplaats geen schade veroorzaken aan de gezondheid van werknemers. En het klimaat moet zo behaaglijk en gelijkmatig mogelijk zijn als redelijkerwijs mogelijk is. Daarbij moet rekening worden gehouden met de aard van de werkzaamheden die de werknemers verrichten en met de fysieke belasting die het gevolg is van die werkzaamheden. Hinderlijke tocht en zogenoemde koudeval moeten worden vermeden.

Als door het klimaat toch schade zal ontstaan, moeten persoonlijke beschermingsmiddelen ter beschikking worden gesteld. Als de persoonlijke beschermingsmiddelen schade aan de gezondheid niet kunnen voorkomen, moet er zoveel korter of afwisselender worden gewerkt, dat schade aan de gezondheid wordt voorkomen. Via de Beleidsregels is er een koppeling gemaakt met NEN-ISO en NVN-ISO klimaatnormen³.

De grenswaarden die genoemd zijn in de NEN-ISO en NVN-ISO normen zijn in de praktijk niet door leken te hanteren. Voor het meten van thermische binnencondities bestaat zelfs een aparte norm (NEN-ISO 7726⁴). In de norm voor hete klimaatomstandigheden (NEN-ISO 7933⁵) staat een in Basic geschreven computerprogramma. Toen ik dat programma wilde gebruiken bleken er veel fouten in te zitten. Bij het Nederlands Normalisatie Instituut (de uitgever van deze norm) vertelde men mij dat ik de eerste was die naar dit programma vroeg. Terwijl deze norm al in 1990 is uitgebracht! Om deze norm te kunnen toepassen moeten 10 (!) variabelen worden ingevoerd. En volgens Dr. E.A. den Hartog, van TNO Technische menskunde, komen er zelfs nog twee variabelen bij. Uit dit alles concludeer ik dat deze normen in de praktijk weinig worden gebruikt.

Ik heb dit onderwerp gekozen in overleg met mijn werkgever, FNV Bondgenoten. De bond heeft regelmatig te maken met klachten over het werken onder een tijdelijk oncomfortabel werkklimaat, vooral als het gaat om een tijdelijk warm werkklimaat. De bond zou dit punt graag aan willen kaarten in overleg met werkgevers. De bond heeft dus behoefte aan praktisch toepasbare normen waarop zij haar inzet in het overleg met werkgevers zou kunnen baseren. Vanuit de overheid worden alleen aanbevelingen gegeven (zie bijlage 1). In het halfjaarlijks overleg met de Arbeidsinspectie heeft de bond meerdere malen aangeduid dat hier behoefte aan bestaat. Tot nu toe zonder resultaat. Omwille van de bruikbaarheid vraagt de bond dus in feite om een globale toepassing van de wetenschap (in plaats van een gedetailleerde). Iets wat nauwelijks verwacht mag worden van wetenschappers. Uit de opstelling van de bond spreekt enig gepast wantrouwen naar wetenschappers. Dit is niet zo vreemd als men bedenkt dat de meeste onderzoeken naar hitte-belasting tot doel hebben om te bekijken in hoeverre men mensen kan belasten zonder dat blijvende lichaamsschade optreedt (Havenith, 1997, Parsons 1993, Millican, 1981). Het uitgangspunt van deze onderzoeken is daarbij vaak arbeidsproductiviteit en niet V, G en W. Er zijn zelfs onderzoeken in hoeverre je het werkklimaat bewust enigszins onaangenaam kan maken om een hogere productiviteit te bereiken (Parsons, 1993).

2.3 Doel scriptie

Het doel van deze scriptie is een in de praktijk, door werknemers en werkgevers te gebruiken, instrument. Op grond van dat instrument moeten werkgevers en werknemers kunnen besluiten welke maatregelen nodig zijn als de comfortgrenzen tijdelijk worden overschreden. Zij moeten op grond van het instrument een besluit kunnen nemen over stoppen of doorgaan met werken, respectievelijk het aanpassen van het arbeidstijden en pauze-regime. En daarmee een bijdrage leveren aan het probleem-oplossend vermogen van hun organisatie.

2.4 Doelgroep

De doelgroep bestaat uit werknemers die werkzaam zijn in bedrijfsruimten die tijdelijk een oncomfortabel binnenklimaat kunnen hebben. Het in dit werkstuk gepresenteerde instrument is vooral bedoeld voor werknemers in die bedrijven waar extra voorzieningen voor het terugdringen van de tijdelijke klimaatbelasting niet op korte termijn te verwachten zijn.

2.5 Probleemstelling

2.5.1. Hoofdvraag

Hoe kunnen grenswaarden die gelden voor een comfortabel binnenklimaat in bedrijfsruimten vertaald worden in een instrument waarmee bij tijdelijk oncomfortabele omstandigheden een beslissing genomen kan worden door leken over het voortzetten of niet voortzetten van de arbeid, respectievelijk het voortzetten van de arbeid onder een aangepast arbeidstijden-regime. (wanneer andere maatregelen om de klimaatomstandigheden te verbeteren niet op korte termijn mogelijk zijn)?

Uit het vooronderzoek en tijdens het schrijven van deze scriptie is mij gebleken dat er veel verschillen zijn tussen warmte en koude. Het zijn in feite twee afzonderlijke terreinen van de thermische klimaat-wetenschap. Bovendien heb ik al aangegeven dat het tijdelijk warme binnenklimaat in bedrijfsruimten een groter probleem lijkt te vormen dan het tijdelijk koude klimaat. Er is bij FNV Bondgenoten een grotere behoefte aan een instrument voor het warme klimaat dan voor het koude. Deze overwegingen hebben ertoe geleid dat ik uiteindelijk op een instrument ben uitgekomen voor alleen het warme binnenklimaat.

2.5.2. Relevante vraagstelling

Op grond van bovenstaand doel kom ik tot de volgende deelvragen die ik tracht te beantwoorden in deze scriptie:

1. Wat is de reactie van het menselijk lichaam op kou en warmte?
2. Wat zijn de VGW-risico's van het werken onder een oncomfortabel werkklimaat?
3. Wat zijn onder welke omstandigheden de belangrijkste factoren die comfort of discomfort bepalen?
4. Welke methoden zijn er om te bepalen of er een probleem is?
 - L-index
 - behaaglijkheidsdiagram (Fanger)
 - WBGT-index
 - vereiste zweetproductie index
 - inventarisatie van klimaatknelpunten
5. Welke grenswaarden zijn er aan te geven voor het klimaat waaraan werknemers niet meer blootgesteld zouden mogen worden (analoog aan het maximum te tillen gewicht bij fysieke belasting)? Eventueel onderverdeeld in werkzaamheden van verschillende aard en met verschillend metabolisme.
6. Hoe kunnen we de factoren en grenswaarden vertalen in een praktisch bruikbaar instrument en hoe kan zo'n instrument bijdragen aan arbo-beleid op dit gebied? Hoe kunnen de werkgever en vertegenwoordigers van het personeel in een bedrijf dit arbo-beleid stapsgewijs aanpakken?
7. Welke maatregelen kunnen worden genomen om een tijdelijk oncomfortabel binnenklimaat in bedrijfsruimten te verbeteren. Is er een methode om het overleg over deze maatregelen te bevorderen tussen de werkgever en vertegenwoordigers van het personeel in een bedrijf?
8. Hoe ervaren toekomstige gebruikers het instrument? Wat zijn sterke en zwakke punten van het instrument en welke eventuele aanpassingen zijn nodig? Welke adviezen zijn te geven voor het invoeren van maatregelen en voor het gebruiken van dit instrument?

2.6 Gevolgde methode

Voor deze scriptie heb ik de volgende werkwijze gevolgd:

1. Het onderzoeken van literatuur. Als uitgangspunt heb ik genomen de wettelijke regels en de klimaatnormen NEN-ISO 7243, 7726, 7730, 7933 en de NVN-ISO/TR 11079. Ik heb relevante literatuur gezocht en doorgenomen over de relatie tussen werken onder oncomfortabele omstandigheden en veiligheid, gezondheid en welzijn.
2. Het bepalen van de relevante factoren en comfort-grenzen, door gebruik te maken van bovenstaande literatuur en van daarin beschreven computer-programma's.
3. Het bepalen van een standpunt over deze grenzen en het vertalen van deze grenzen en factoren in een vragenlijst.
4. Het testen van de vragenlijst (bij een klein aantal mensen en retrospectief).
5. Het trekken van conclusies uit de bevindingen van de testen.
6. Het vaststellen van het definitieve instrument.
7. Het opstellen van adviezen voor de invoering (implementatie) en het gebruik van het instrument.

Voor het inventariseren en opzoeken van de literatuur heb ik de hulp gehad van de bibliotheek van het Coronel Instituut, van dhr. Den Hartog van TNO technische menskunde, van de heren Been en Houtenbos van de afdeling research van het ingenieursbureau van Buuren van Swaay, van dhr. Geurts van het KNMI en van de afdeling documentatie van FNV Bondgenoten. Ik heb de volgende zoekwoorden gebruikt: heat stress; WBGT; WBGT-index; thermal environment; thermal comfort. Dit leverde een overzichtelijke selectie op, waarmee ik snel op de, bij deze materie veel gebruikte, handboeken uit kwam.

2.7 Mijn visie op dit probleem

behaaglijk en gelijkmatig klimaat

Het uitgangspunt van de overheid is dat er zoveel als redelijkerwijs mogelijk sprake moet zijn van een behaaglijk en gelijkmatig klimaat op de arbeidsplaats (art. 6.1 Arbobesluit). Mij valt op dat de NEN-ISO normen in de literatuur zodanig worden geïnterpreteerd, dat men kantoren in gedachten heeft als het gaat om gematigde thermische binnen omstandigheden. En dat het bij industriële arbeid gaat over "vereiste zweetproductie". Bij de extreme situaties, warm en koud, denkt men niet in eerste instantie aan kantoor-arbeid, maar aan industriële arbeid. In een gesprek met twee deskundigen bij het ingenieursbureau van Buuren van Swaay werd opgemerkt dat het werknemers in kantoren gelukt is om strengere normen voor het werkklimaat voor elkaar te krijgen (o.a. d.m.v. bouw-verordeningen). Zij waren van mening dat hier meespeelt dat "de macht" binnen organisaties normaal gesproken is gevestigd in kantoorgebouwen. Ik deel de visie van FNV Bondgenoten dat voor alle werksituaties gestreefd dient te worden naar een behaaglijk en gelijkmatig klimaat. Ik vind dat ernaar gestreefd moet worden arbeidsplaatsen zodanig in te richten dat de daar werkende mens zijn lichaamstemperatuur bij rustige arbeid kan handhaven op 37°C. Een in deze scriptie voorgesteld instrument zal dit dus als uitgangspunt moeten nemen.

Arbeidshygiënische strategie

De wetgever vindt dat de arbeidshygiënische strategie moet worden toegepast bij arbeidsomstandigheden. Ook in het geval van thermische belasting betekent dit:

1. Aanpakken aan de bron. Eerst proberen de bron van de thermische belasting wegnemen. Bijvoorbeeld: warme of koude machines of installaties in een aparte ruimte plaatsen of goed isoleren; zonneschermen aanbrengen aan de buitenkant van het gebouw.
2. Als dat niet mogelijk is maatregelen nemen om de belastende invloed van de bron zoveel mogelijk te beperken: afschermen, koelen, verwarmen, aanpassen werktempo.
3. Pas als 1 en 2 niet kunnen komt de derde mogelijkheid in beeld: beperken van de blootstellingsduur. Bijvoorbeeld door korter te werken en vaker te pauzeren.

Voorbeelden van mogelijke maatregelen van niveau 1 en 2 beschrijf ik in hoofdstuk 9. Het in deze scriptie gepresenteerde instrument is gericht op niveau 3.

Bij een tijdelijk oncomfortabel binnenklimaat ga ik er in deze scriptie van uit dat de oorzaak vooral het buiten-klimaat is. Het binnenklimaat is hieraan enigszins aan te passen, bijvoorbeeld door verwarming als het koud is. Door airconditioning (koeling) en ventileren (verhogen luchtsnelheid) als het warm is. En door zonneschermen aan de buitenkant van het gebouw tegen de stralingswarmte van de zon. Verwarming lijkt mij op veel werkplekken redelijk voor elkaar (maar zeker niet alle: er wordt nog heel wat kou geleden op werkplekken in Nederland). Mijn indruk is dat airconditioning vaak te vinden is in kantoorruimten, maar in bedrijfsruimten nog relatief weinig voor komt. Zonneschermen aan de buitenzijde van bedrijfsruimten zie je soms wel en soms niet. De kosten van dit soort maatregelen lijken vaker een probleem bij tijdelijk oncomfortabele werkplekken.

Strategie-keuze

Bij tijdelijk oncomfortabele binnen-klimaten in bedrijfsruimten komt van de arbeidshygiënische strategie volgens mij weinig terecht. Juist het tijdelijke karakter zorgt ervoor dat het structureel aanpakken hiervan niet hoog op de prioriteitenlijsten komt te staan. Het aantal uren dat de temperatuur in Nederland boven de 25 °C uit komt is niet hoog⁶. De vaak beperkte middelen die beschikbaar zijn voor arbeidsomstandigheden in het bedrijf zullen eerder aan andere zaken besteed (moeten) worden. De wetgeving legt de, moeilijk praktisch te vertalen, grenzen op dit gebied tot nu toe erg hoog. Ook dat draagt weinig bij aan een hogere plaats op de prioriteitenlijst. Als strategie bij tijdelijk oncomfortabele omstandigheden kies ik daarom voor een duidelijke afspraak over grenzen waarbij gestopt wordt met werken en een gebied waarbij korter gewerkt wordt en meer gepauzeerd.

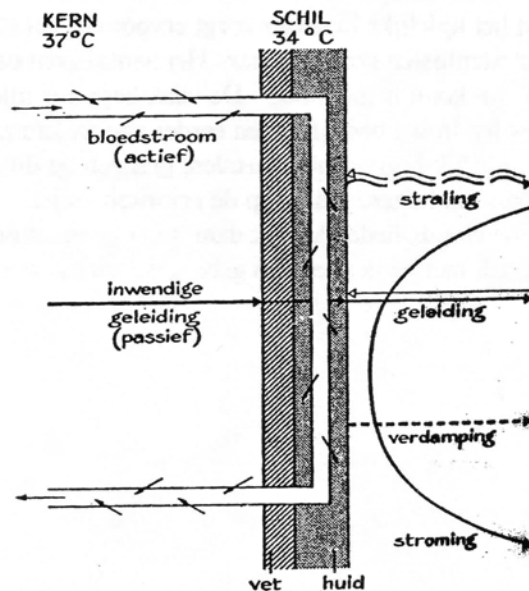
3 De reactie van het lichaam op koude en warmte

3.1 De thermoregulatie van het lichaam

3.1.1 warmtebalans

De mens heeft, net als vogels en zoogdieren, een vaste inwendige lichaamstemperatuur. De inwendige lichaamstemperatuur wordt door het thermo-regulatiecentrum in de hersenen zoveel mogelijk op 37°C gehouden. Deze inwendige lichaamstemperatuur is de resultante van de warmteproductie en warmteafgifte. Warmteproductie in het lichaam kan het gevolg zijn van metabolisme (stofwisseling). Dit metabolisme (M) is hoger naarmate de spierarbeid toeneemt. De warmte-afgifte vindt voornamelijk plaats aan het lichaamsoppervlak door:

- straling (radiatie: R);
- verdamping (evaporatie: E);
- stroming (convectie: C);
- geleiding (conductie: K);



Figuur 1. Schematische voorstelling van het warmtetransport van de kern naar de huid en van de huid naar de omgeving (Bernards 1976)

Hieronder volgt enige uitleg van de begrippen.

Straling

Warmere lichamen geven door straling warmte af aan koudere lichamen. Dit is onafhankelijk van de temperatuur van de lucht. De straling is meestal van de huid af als de stralingstemperatuur in de omgeving lager is dan de huidtemperatuur. In de zon of dicht bij hete voorwerpen neemt de huid warmte op. In een behaaglijke omgeving vindt de warmte-afgifte van het lichaam voor ongeveer 60% plaats door straling (Bernards 1976).

Verdamping

Verdamping speelt vooral een rol naarmate de omgevingstemperatuur de temperatuur van de huid en/of van het lichaam benadert of overschrijdt. Warmte-afgifte door straling en geleiding is dan niet meer mogelijk. Als de omgevingstemperatuur hoger is dan de temperatuur van de huid neemt het lichaam door straling en geleiding zelfs warmte op. De enige manier voor het lichaam om dan nog warmte kwijt te raken is via verdamping. Het kan ook bij lagere temperaturen voorkomen dat de warmte-afgifte door straling en geleiding onvoldoende is om de warmtebalans in evenwicht te

houden. Bijvoorbeeld bij zware inspanning. Denk maar aan flink sporten in een koude omgeving. Of aan het werken met een dik en zwaar werkpak aan. Ook dan speelt verdamping een grote rol.

Door zweet- afscheiding is de mens in staat over een groot deel van het huidoppervlak door verdamping warmte af te staan. Voor verdamping is warmte nodig en die warmte wordt onttrokken aan de huid. Door het zweten kan de mens een hogere omgevingstemperatuur dan de lichaamstemperatuur verdragen. En door zweten kan de mens ook bij grote inspanning toch de warmtebalans handhaven. Waardoor de temperatuur van de lichaamskern op of dicht bij de 37°C blijft. Overigens verdampt er altijd enig vocht, ook zonder zweten (gemiddeld 350 milliliter per dag), omdat de huid niet helemaal ondoordringbaar is voor vocht. Dit vocht verdampt echter direct, zonder dat je het merkt.

Verdamping kan alleen plaatsvinden als de omringende lucht waterdamp kan opnemen. Hoe hoger de luchtvochtigheid, hoe minder de lucht het vocht kan opnemen. Bij een hoge vochtigheid van de lucht kan het lichaam door zweten dus minder warmte kwijt. Stroming van de lucht speelt ook een rol bij verdamping.

Stroming

Door stroming worden aan het huid-oppervlak moleculen die warmte hebben opgenomen voortdurend vervangen door moleculen die nog niet verwarmd zijn. Je krijgt het daardoor in de wind sneller koud. De stroming van de lucht bevordert ook de verdamping, omdat de met waterdamp verzadigde moleculen vervangen worden door luchtmoleculen die nog niet verzadigd zijn.

Geleiding

Bij geleiding staat de huid direct warmte af aan de moleculen van de stof waarmee zij in aanraking is (als die stof kouder is dan de huid). Geleiding vindt plaats door delen van het lichaam die in contact zijn met de omgeving of gereedschappen. Het gaat meestal om de handen en voeten. Als de omgeving of de gereedschappen warmer zijn dan de huid, neemt de huid die daarmee in contact is warmte op.

Behalve door straling, verdamping, stroming en geleiding, kan de warmte-afgifte plaatsvinden door convectie en verdamping bij de ademhaling (Res) en door effectieve uitwendige arbeid (W).

De warmte-opslag in het lichaam is 0 als de warmteproductie van het lichaam in balans is met de warmte-afgifte. Of in een formule geschreven:

$$M - W = R + C + E + K + Res$$

De warmte-afgifte door geleiding (K) heeft nauwelijks of geen invloed op de warmte-afgifte van het lichaam als geheel⁷ (Olesen 1985). De effectieve uitwendige arbeid (W) treedt alleen op bij niet horizontaal tillen en verplaatsen van voorwerpen, het tegen een helling oplopen of fietsen op een ergometer (home trainer). Het maximum energiegebruik van de uitwendige arbeid ligt rond de 20% van het totale energiegebruik (Hesser et al 1977). In de meeste industriële situaties is de uitwendige arbeid klein en kan worden verwaarloosd (ISO 7933). De warmte-afgifte bij de ademhaling is in warme klimaat-onstandigheden verwaarloosbaar klein⁸ (Olesen 1985). In warme klimaat-omstandigheden kunnen we de warmtebalans dus ook vereenvoudigen tot:

$$M = R + C + E$$

3.1.2 De reactie van het lichaam op temperatuurveranderingen

De inwendige temperatuur van het lichaam kan variëren van ongeveer 36°C tot een fataal niveau

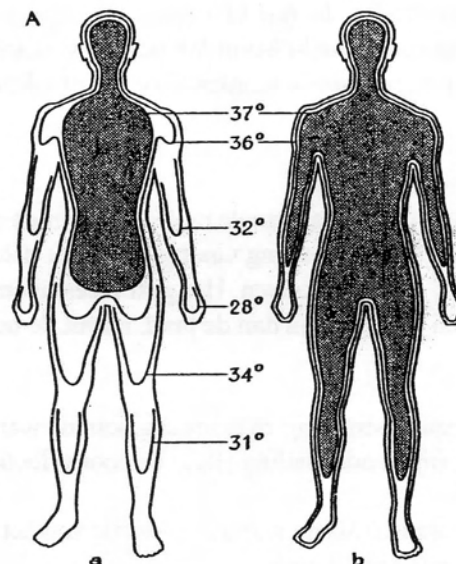
van 42/43°C (Olesen 1982, Havenith 1997, Daanen 1998). De temperatuur van de huid kan variëren van 17°C tot 40°C, met een pijngrens van ongeveer 45°C⁹ (Olesen 1982).

Wat gebeurt er als de lichaamstemperatuur daalt?

- de eerste reactie is het samentrekken van de bloedvaten in de huid: vasoconstrictie. De doorbloeding van de huid vermindert. Waarmee het lichaam probeert de warmte-afgifte door de huid te beperken. Een blanke huid wordt witter¹⁰.

Als dat niet voldoende is, zal bij verdergaande daling van de lichaamstemperatuur het volgende gebeuren:

- verhoogde stofwisselings- en schildklier-activiteit;
- het toenemen van de spierspanning in de huid, waardoor kippenvel ontstaat;
- warmte-productie van de spieren: koude rillingen, huiveren, klappertanden
- als de lichaamstemperatuur blijft dalen treedt ernstige onderkoeling op: bewustzijnsvermindering en vele andere verschijnselen. Het lichaam sluit de bloedtoevoer naar de voeten, handen, benen en armen af om zo lang mogelijk de kerntemperatuur te kunnen handhaven. Als de kerntemperatuur blijft dalen krijg je uiteindelijk bewusteloosheid en hartstilstand. Al bij een temperatuur onder 33°C kunnen hartritme stoornissen optreden. Beneden 30°C gaat de onderkoeling extra snel.



Figuur 2. Schematische voorstelling van de lichaamskern bij lage (a) en hoge (b) omgevingstemperaturen of na lichamelijke inspanning (b). Ingetekend zijn lijnen van gelijke temperatuur (isothermen). (Bernards, 1976).

Wat gebeurt er als de lichaamstemperatuur stijgt?

- de eerste reactie is het verwijden van de bloedvaten in de huid: vasodilatatie. Het lichaam probeert de warmte-afgifte te laten toenemen door een toenemende bloedcirculatie tussen de lichaamskern en de huid. Een blanke huid krijgt een rodere kleur. Het hart moet meer werk verzetten om de intensievere huiddoorbloeding mogelijk te maken. Het hart wordt dus zwaarder belast.
- als de vasodilatatie onvoldoende is, zet het thermo-regulatiesysteem het lichaam aan tot zweten. Door de verdamping van het zweetvocht wordt warmte aan de huid onttrokken.
- als ook het zweten onvoldoende effect heeft, zal de lichaamstemperatuur geleidelijk stijgen tot het fatale niveau van 42/43°C.

3.1.3 samenvatting

Het bovenstaande betekent dat je warm wordt van binnen, zeker als je (veel) beweegt. En als je (dik) gekleed bent. En die warmte moet je kwijt, anders wordt je steeds warmer van binnen.

Je kunt die warmte kwijt door je huid. Je huid straalt warmte uit (net als een straalkachelkje). Als het tocht om je heen, koel je ook sneller af. En je huid kan zweten. Dat zweet verdampt. Het verdampen van het zweet kost warmte. Die warmte komt uit je lichaam. Je koelt dus af, net zolang tot je lichaamstemperatuur weer 37°C is.

Je kunt ook afkoelen door het uitademen van lucht. Maar alleen als de lucht die je uitademt warmer is dan de lucht die je in ademt. Zelfs in dat geval kun je toch slechts een klein beetje warmte kwijtraken door de ademhaling.

Warm	Oververhitting Zweten sterkere doorbloeding huid
Comfort gebied	Productie en afgifte van warmte (energie) door het lichaam in evenwicht zonder zweten. Normale huidtemperatuur.
Koud	Verminderde doorbloeding huid. Kippenvel, rillen, klappertanden. Onderkoeling

3.2 De mens in het thermische werkklimaat

Het thermische werkklimaat wordt bepaald door de volgende factoren¹¹:

1. luchttemperatuur (Tl)
2. de stralingstemperatuur (Tr)
3. de luchtvochtigheid (RV)
4. de luchtsnelheid (Vl)

De luchttemperatuur en de stralingstemperatuur beïnvloeden de mogelijkheden voor het lichaam warmte af te geven via convectie en straling: hoe hoger deze temperaturen, des te minder warmte het lichaam kwijt kan. De luchtvochtigheid bepaalt de mogelijkheden warmte af te geven door verdamping (zweten): hoe hoger de luchtvochtigheid, hoe minder mogelijkheden voor verdamping. De luchtsnelheid heeft effect op alle mogelijkheden voor warmte-afgifte door het lichaam: hoe hoger de luchtsnelheid, des te meer convectie, straling en verdamping¹².

Hoe mensen het werkklimaat ervaren wordt verder nog bepaald door:

5. de kleding die ze aan hebben (clo¹³)
6. en door de activiteit die zij verrichten (M, van metabolisme).

De warmte-afgifte vanaf de huid aan de omgeving wordt beïnvloedt door de kleding. Kleding vormt een weerstand tegen zowel convectie en straling als tegen verdamping. De warmte weerstand van kleding wordt uitgedrukt in clo (van "clothing unit") en aangeduid met de letter I. Van verschillende kledingstukken is de clo-waarde bepaald (zie bijlage B van ISO 7933). Zonder kleding aan ligt de behaaglijke temperatuur rond de 30°C en bij normaal geklede mensen rond de

22°C. De invloed van kleding is dus behoorlijk groot (Bernards et al 1976).

Met het metabolisme bedoelen we de stofwisseling die de energie levert voor:

1. het op temperatuur houden van het lichaam;
2. De orgaan- en spier-functies van het lichaam;
3. het leveren van uitwendige arbeid;

Het metabolisme is afhankelijk van het activiteitsniveau van de mens. Bij lichte arbeid is het metabolisme kleiner en bij zware arbeid is het metabolisme groter. In rust en liggend is het laagste metabolisme ongeveer 46 W/m² (Watt per vierkante meter). Voor een gemiddeld mens (1,8 m²) is dat dus meer dan 80 Watt. Het metabolisme wordt over het algemeen aangegeven in "met". 1 met komt overeen met het metabolisme van een zittende, rustende persoon: 58,15 W/m². Het metabolisme varieert van ongeveer 0,8 met (de liggende rustende persoon) tot ongeveer 9 met (een hardlopende persoon). 9 met komt overeen met ongeveer 500W/m² (Olesen 1982 en ISO 7243 en 7730).

3.3 Acclimatisatie

3.3.1 Acclimatisatie in de kou

In de kou is nauwelijks acclimatisatie mogelijk. Je kunt alleen je handen en voeten aan de kou laten wennen. Dan wordt de doorbloeding beter. En de koude beschermingsreactie treedt eerder en krachtiger op (Daanen 1998).

3.3.2 Acclimatisatie in de warmte

Het lichaam past zich aan als het enige tijd aan warmte of hitte is blootgesteld. Na enige dagen neemt de efficiency van de zweetproductie toe. Dit komt door een betere verspreiding van het zweet over het lichaam en een betere verhouding tussen geproduceerd zweet en verdamping: als het lichaam al nat is, wordt er niet veel extra zweet meer geproduceerd. Het zweten start eerder en het zoutgehalte van het zweet is lager. Ook is er na enkele dagen sprake van een betere vocht distributie in het lichaam. Het vocht is sneller beschikbaar uit de ruimte tussen de lichaamscellen. Het hart past zich sneller en efficiënter aan. Dit heeft tot gevolg dat geacclimatiseerde personen beter tegen hitte kunnen dan ongeacclimatiseerde.

Men gaat ervan uit dat de meeste veranderingen plaatsvinden na 4-7 dagen blootstelling aan warmte. En het acclimatisatie-proces is voltooid na minimaal 8 tot 10 dagen (Havenith 1998) of 12 tot 14 dagen (Olesen 1985). Al na een of twee dagen begint de weerstand tegen de hittebelasting weer af te nemen. Na een weekend, vrije dagen of vakantie zonder hittebelasting is de acclimatisatiegraad dus al merkbaar minder geworden (Olesen 1985). Als vuistregel kan men stellen dat een dag acclimatisatie weer verloren gaat in twee dagen zonder hitteblootstelling. Volgens Havenith zal volledige acclimatisatie in normale werkomgevingen (werkweek van 36 uur) niet snel optreden (Havenith 1998). Overigens is het effect van acclimatisatie individueel bepaald. Er zijn mensen waarbij helemaal geen acclimatisatie-effecten optreden als zij regelmatig worden blootgesteld aan hitte (Havenith, 1997).

3.4 Individuele verschillen

Er zijn individuele verschillen in lichaamstemperatuur. Dit kan variëren van 36,5 tot 37,5°C. Mensen hebben ongeveer 2 miljoen zweetklieren, maar de individuele verschillen zijn groot. Sommige mensen hebben helemaal geen zweetklieren (Oleson, 1985). Sommige mensen zweten gemakkelijk (vanaf een temperatuur van de lichaamskern van 37,5°C). Zij kunnen gemakkelijk warmte afstaan. Anderen zweten erg moeilijk (pas bij 37,8°C). Zij kunnen moeilijker hun warmte kwijt en krijgen eerder warmte-problemen. Bij sommige mensen is de beschermingsreactie van het

lichaam op koude groter dan bij anderen. De reacties van mensen op koude en warmte zijn dus verschillend.

3.4.1 Individuele verschillen bij koude

Dat individuele verschillen bij koude bestaan, zal iedereen beamen die zelf last heeft van “dode vingers en tenen”. Bij koude speelt de dikte en samenstelling van het onderhuids vetweefsel een rol. Verder wordt in AI-20 (Daanen 1998) genoemd:

- de trainingstoestand van mensen. Zij kunnen in hun lichaam meer warmte produceren en kunnen die inspanning langer volhouden;
- bij sommige mensen is de doorbloeding beter. Die krijgen minder snel last van koude handen en voeten (en dode vingers en tenen);
- er zijn weinig verschillen tussen mannen en vrouwen. Alleen bij zwangere vrouwen is de doorbloeding beter;
- bij negroïde mensen is de koude beschermings-reactie minder krachtig;
- mensen met een dwarslaesie lopen een groter risico. De bloedvaten in het verlamde gebied kunnen niet meer vernauwen. De bloedcirculatie vindt vaak in een kleiner gebied plaats en het totale bloedvolume is meestal beperkter bij deze mensen;
- mensen die werken met trillend gereedschap lopen ook een groter risico. Door het trillend gereedschap functioneert de doorbloeding niet zo goed meer (het zogenaamde witte vingersyndroom);
- oudere mensen verliezen meer warmte in de kou. Hun bloedvaten vernauwen zich minder krachtig.

3.4.2 Individuele verschillen bij warmte

De verschillen van mensen op warmte is beschreven door G. Havenith in zijn proefschrift “individual heat stress response”.

Hij komt na uitgebreid onderzoek tot de volgende conclusies:

- de lichamelijke conditie is belangrijk bij weerstand tegen hitte;
- vrouwen kunnen gemiddeld slechter tegen warmte dan mannen. Dit komt echter omdat vrouwen gemiddeld minder fit zijn dan mannen en een hoger vetgehalte hebben. Het heeft niets te maken met het geslacht op zich;
- leeftijd op zich heeft geen effect op de weerstand tegen hitte. Wel is het zo dat ouderen vaak een slechtere conditie en een hoger vetgehalte hebben;
- etnische achtergrond op zich heeft geen effect op weerstand tegen hitte. Wel zijn mensen die in de tropen zijn opgegroeid een beetje in het voordeel. Dat komt omdat het aantal zweetklieren zich in de eerste levensjaren ontwikkelt. Zij hebben dus vaak meer zweetklieren;
- mensen met een extreem laag lichaamsgewicht (minder dan 50 kg) hebben een verhoogd risico op warmteziekte;
- dikke mensen hebben niet meer last van hitte door hun vetgehalte, maar omdat ze meestal een slechtere lichamelijke conditie hebben. In koude is hun vetgehalte wel een voordeel;
- een groot lichaam lijkt gunstig te zijn voor de warmtebalans: grote mensen hebben een groter huidoppervlak, dus een betere mogelijkheid warmte af te geven. En ze hebben meer massa voor warmte-opslag, zodat minder snel de temperatuur van de lichaamskern te hoog wordt. Kleinere mensen hebben een hoge oppervlakte inhoud verhouding, die ongunstiger is voor het laag houden van de temperatuur van de lichaamskern;
- in een warm en vochtig klimaat spelen de individuele kenmerken een belangrijkere rol (72%) dan in een heet-droog of een koel klimaat (10 tot 26%). Dat komt omdat in een warm en vochtig klimaat de mogelijkheden voor warmte-afgifte beperkter zijn;
- de rol die individuele verschillen spelen hangt ook af van het type en de intensiteit van de arbeidsbelasting (Havenith, 1997).

De individuele verschillen in reacties op warmte zijn groot. Waar de ene persoon nog onbelast is, kan de ander al de eerste verschijnselen vertonen van warmte-ziekten. Risico-verhogende factoren

voor individuen zijn:

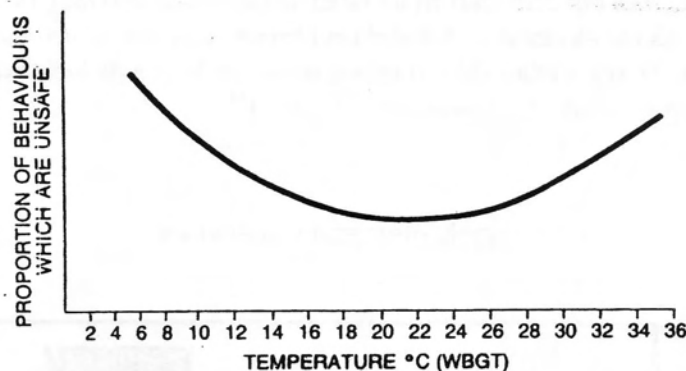
- recente ziekte;
- hoge bloeddruk;
- overgewicht;
- anorexia;
- slechte fysieke conditie;
- slaaptekort;
- overmatig alcohol gebruik;
- huidverbranding;
- gebruik van geneesmiddelen

4. VGW-risico's oncomfortabele omstandigheden

4.1 VGW-risico's bij koude

4.1.1 Veiligheidsrisico's

Door afname van de temperatuur van in het bijzonder de handen loopt de kracht, het gevoel en de motoriek terug (de ledematen worden stijf). Bij een huidtemperatuur van de hand van 12 tot 16°C daalt de handvaardigheid sterk (Daanen, 1998). Discomfort en bibberen geven afleiding en veroorzaken gedragsverandering. Door dit alles neemt het vermogen om alert te reageren op gevaren af. De kans om iets te laten vallen neemt toe. Uit onderzoek blijkt dat er een verband te leggen is tussen de temperatuur en het aantal ongelukken op het werk. Zie figuur 3 hieronder.



Figuur 3. Algemene relatie tussen de hoeveelheid onveilig gedrag op het werk en thermische condities (Parsons, 1993, uit Ramsey et al., 1983)

Enige voorzichtigheid is echter geboden bij het trekken van conclusies uit dit soort onderzoeken, omdat vaak ook veel andere factoren meespelen (Parsons 1993).

4.1.2 Gezondheidsrisico's

We kunnen de volgende mogelijke gezondheidsrisico's noemen bij koude:

- winterhanden en wintervoeten. Als ledematen langere tijd minder dan 15°C zijn, kunnen ze gaan tintelen, gevoelloos raken of opzwellen en pijnlijk zijn;
- bevriezing van ledematen, neus en oren. Vaak het gevolg van een onbedekte huid, lage temperatuur en hoge wind-snelheid (door de wind of door zelf te bewegen) Het gevolg van bevriezing is vaak het afsterven van het betreffende weefsel;
- onderkoeling. En als dit lang duurt: verminderd bewustzijn;
- bewusteloosheid en hartstilstand
- bij veelvuldig langdurige blootstelling aan koude: weerstandsvermindering. Als gevolg van blootstelling aan koude neemt de kans op, of de gevoeligheid voor, infecties toe (griep of huidaandoeningen) en verloopt het herstelproces langzamer.

Een apart gezondheidsrisico bij koude is de zogenaamde "after chill". Dit is een zeer sterke, en daardoor risico-volle, afkoeling van het lichaam. After chill treedt op als je na zware inspanning waarbij je zweet stopt met die inspanning. Je koelt dan ineens af, waardoor de kans op onderkoeling of koudeletsels toeneemt.

4.1.3 Welzijnsrisico's

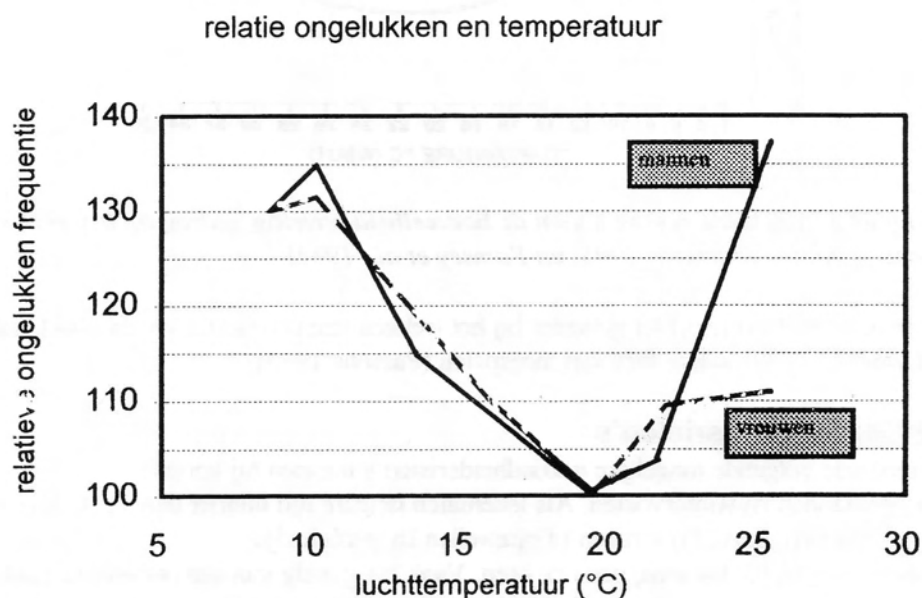
Koude kan leiden tot gedragsverandering. Uit onderzoeken in Antarctica bleek dat de relatieve isolatie van de omgeving leidde tot psychologische effecten als: verveling, vermoeidheid, heimwee, slecht humeur en bezorgdheid, verstoringen van stemming en zelfvertrouwen. In de industrie,

scholen en kantoren kan het discomfort bij koude leiden tot verzuim, verminderde aandacht en het aantasten van orde en discipline. Er is nogal wat bewijs dat het klimaat de stemming van mensen beïnvloedt. Maar de onderliggende mechanismen die dat veroorzaken worden niet begrepen (Parsons, 1993).

4.2 VGW-risico's bij warmte

4.2.1 Veiligheidsrisico's

Bij toenemende warmte kan het ondervonden leed of discomfort leiden tot gedragsverandering, verminderde mentale prestaties, zoals informatie-verwerking en de werking van het geheugen. Maar dan vooral als het werken in de warmte langer duurt (langer dan 1 uur). Blootstaan aan hitte kan vermoeidheid bevorderen. Het zweten kan de grip op gereedschap verminderen, het zicht bemoeilijken (beslaande bril bijvoorbeeld) en irritaties veroorzaken (NIOSH 1998). Dit kan allemaal leiden tot een verminderde alertheid in, het verkeerd beoordelen van, of het veroorzaken van, gevaarlijke situaties. Er zijn studies die een relatie aangeven tussen de luchttemperatuur en het aantal ongelukken op het werk. Zie bijvoorbeeld figuur 4¹⁴.



Figuur 4. Ongelukken-frequentie gerelateerd aan werkplaats-temperatuur (munitiewerkers). Chrenko 1974, in: Parsons, 1993

4.2.2 Gezondheidsrisico's bij warmte

Warmtebelasting kan de volgende gezondheidsklachten veroorzaken (Olesen 1985, NIOSH 1998, Havenith, 1998):

- huidaandoeningen: jeuk en blaasjes-uitslag. Dit wordt veroorzaakt door een langdurig natte huid, De afvoergangen van de zweetklieren zijn verstopt;
- hittekramp. Pijnlijke krampen in de spieren. Waarschijnlijk veroorzaakt door het onvoldoende aanvullen van de door zweten verloren mineralen (zout);
- hitte-oedeem: Dit is een ophoping van vocht in onderhuids weefsel, door overmatige vaatverwijding in de huid;
- hitte uitputting door uitdroging. Dit gebeurt als het vocht dat verloren gaat door het zweten niet vervangen wordt, als er niet voldoende gedronken wordt. Een vochtverlies van meer dan

1,5% van het lichaamsgewicht kan leiden tot een verminderde weerstand tegen hitte (snellere hartslag). Als de uitdroging doorgaat kan dit leiden tot het verkeerd beoordelen van gevaren, foute beslissingen, verminderde vakkundigheid en een toegenomen reactietijd. In deze staat is de werknemer vatbaarder voor ongelukken en kan gevoeliger worden voor vergif;

- hitte-syncope (heat collapse). Hierbij treedt bewusteloosheid op door onvoldoende doorbloeding van de hersenen. Dat komt door de extra toevoer van bloed naar de huid (om meer warmte af te kunnen voeren). Dit gaat meestal gepaard met hoofdpijn, misselijkheid, zwakte, duizeligheid, overgeven en diarree;
- hitte-beroerte (heat stroke). Dit is het meest ernstige effect van warmte-belasting. Dit gebeurt als de inwendige temperatuur van het lichaam boven de 41 °C komt. De verschijnselen die hier bij horen zijn meestal: rode en droge huid, krampen, stuiptrekkingen en verlies van bewustzijn (Havenith 1998). Mogelijk met fatale afloop door hersenbeschadiging.

4.2.3 Welzijnsrisico's bij warmte

Blootstelling aan warmtebelasting vermindert de arbeidsvreugde. De verhoogde kans op irritaties en woede kan de relaties met ander werknemers blijvend beschadigen. Het zweten wordt door de meeste mensen als onaangenaam ervaren. Er zijn studies die aantonen dat er een relatie is tussen sociale onrust en een warm klimaat. In Engeland wordt een relatie gelegd tussen lange hete zomers en het uitbreken van rellen in steden. In het algemeen breken rellen uit in India als de temperatuur boven de 26 °C stijgt (maar weer niet bij exorbitante hitte) (Parsons 1993).

5. De belangrijkste factoren

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk ga ik op zoek naar de belangrijkste factoren die het binnenklimaat bepalen. In hoofdstuk 3 heb ik de warmte-balans besproken: $M - W = R + C + E + K + Res$

Voor warmte heb ik deze formule vereenvoudigd tot: $M = R + C + E$, omdat dan K (geleiding) en Res (warmte-afgifte of opname via ademhaling) verwaarloosbaar klein zijn. In koude omstandigheden kunnen K en Res wel belangrijk zijn.

De warmteproductie in het lichaam door het metabolisme is gelijk aan de warmteafgifte via de huid door straling, convectie en verdamping. Voor die straling, convectie en verdamping zijn de 4 klimaat-factoren (lucht- en stralingstemperatuur, luchtvochtigheid en luchtstroming) van belang. Deze 4 klimaat-factoren spelen een rol in het comfort gebied, in het koude klimaat en in het warme klimaat, alleen niet in elk gebied in dezelfde mate. Acclimatisatie speelt alleen een rol in het warme klimaat. En bij een tijdelijk warm klimaat speelt acclimatisatie pas een rol als de warmte langer dan 2 weken duurt. Metabolisme en kleding zijn belangrijk in alle drie de gebieden. In hoofdstuk 7 volgt een afbakening van de drie gebieden. Hieronder beschrijf ik per gebied het belang van elke factor.

5.2 De belangrijkste factoren in het koude gebied

Geleiding kan bij koude belangrijk zijn. Bijvoorbeeld via slechte of dunne schoenzolen kan heel wat warmte geleid worden naar een koude vloer. Ook het hanteren van metalen gereedschappen met blote handen kan een belangrijke factor zijn. Het merendeel van het warmteverlies in koude komt echter voor rekening van de luchtstroming (convectie). Daarbij speelt kleding een belangrijke rol. Kleding isoleert het lichaam meer of minder van luchtstroming. Door veel bewegen (metabolisme) neemt de warmte-afvoer door luchtstroming toe. Bij grote inspanning (metabolisme) is de ademhaling sterker. Vooral als de temperatuur erg laag is, speelt het warmteverlies door ademhaling een grotere rol (tot 15% bij -10°C). Straling speelt over het algemeen een kleine rol bij koude. Bijna het hele lichaam is dan bedekt met kleding. Als alleen met onbedekte handen gewerkt kan worden, speelt straling wel een rol. Verdamping is alleen belangrijk bij grote inspanning of als er een dik of zwaar werkpak moet worden gedragen. Met ander woorden: als je zweet.

Factor	Belang	Uitzondering
Geleiding	gering	slechte zolen; metalen gereedschap
Luchttemperatuur	zeer groot	
Stralingstemperatuur	gering	werken met onbedekte handen
Luchtvochtigheid	gering	zweet door inspanning of dik werkpak
Luchtsnelheid	zeer groot	
Kleding	groot	
Metabolisme	groot	
Acclimatisatie	geen	alleen handen kun je acclimatiseren

5.3 De belangrijkste factoren in het comfort-gebied

In het comfortgebied is de stralingstemperatuur de belangrijkste factor, omdat in dat gebied de belangrijkste warmte-afgifte plaatsvindt via straling (ongeveer 60%, zie 3.1.1). De invloed van de luchtvochtigheid is binnen de behaaglijkheidsgrenzen vrij klein. Daarom staan in NEN-ISO 7730 ook tabellen opgenomen met een relatieve vochtigheid van 50%. Veel luchtbewegingen, tocht, wordt in het comfortgebied al snel als onaangenaam ervaren. De rol van geleiding is verwaarloosbaar klein. De andere factoren zijn in ongeveer gelijke mate belangrijk.

Factor	Belang	Uitzondering/opmerking
Geleiding	Geen	
Luchttemperatuur	Groot	
Stralingstemperatuur	Zeer groot	Gering als er geen bijzondere stralingsbronnen zijn (zon op de werkplek, ovens, ketels, extra warme of koude oppervlakken)
Luchtvochtigheid	Gering	
Luchtsnelheid/stroming	Zeer groot	is binnen vaak laag
Kleding	Groot	
Metabolisme	Groot	
Acclimatisatie	Geen	

5.4 De belangrijkste factoren in het warme gebied

Naarmate het warmer wordt, neemt het belang van de vochtigheid van de lucht toe. Als de luchttemperatuur en de stralingstemperatuur de huidtemperatuur (normaal ongeveer 34°C) naderen worden de mogelijkheden voor het lichaam om warmte af te geven via convectie en straling steeds kleiner. Dan blijft alleen verdamping (zweeten) over. Bij een hoge luchtvochtigheid raakt het lichaam minder warmte kwijt door zweeten. In Nederland is de relatieve vochtigheid bij hoge temperaturen laag, in tegenstelling tot wat veel mensen denken (zie bijlage 2). Vanaf 27°C komt de relatieve vochtigheid niet meer boven de 65%. Door bepaalde productieprocessen of bijzondere omstandigheden kan de luchtvochtigheid in de bedrijfsruimte toch tot hogere waarden oplopen. Een hoog activiteiten-niveau zorgt voor een hoge warmte-productie in het lichaam. Als je dan ook nog te dik gekleed bent, kun je moeilijk warmte afstaan.

Geleiding is alleen van belang als er gevaar is voor het aanraken van hete oppervlakken. Bij hogere temperaturen is de kans op koude oppervlakken (waaraan je via geleiding warmte zou kunnen afstaan) erg klein. De invloed van de zonnestraling op de werkplek is zeer groot. Als de zon op de werkplek schijnt kan dat zelfs 4 x zo erg zijn als bijvoorbeeld straling van ovens of warme apparatuur (Houtenbos, 1989). Speciale werkkleding kan een extra belastende factor zijn. Vooral als het gaat om kleding die ondoordringbaar is voor waterdamp. In zulke kleding kan het zweet niet verdampen. Tot slot is bewegingshinder een extra belastende factor.

Factor	Belang	Uitzondering/opmerking
Geleiding	klein	het aanraken van hete oppervlakken
Luchttemperatuur	groot	

Stralingstemperatuur	redelijk klein	groot als de zon direct op de werkplek schijnt en als er warmtebronnen zijn
Luchtvochtigheid	zeer groot	
Luchtstroming	redelijk groot	grote luchtstroming is minder behaaglijk
Kleding	zeer groot	Bij speciale ondoordringbare werkkleding nog groter
Metabolisme	zeer groot	bij bewegingshinder nog groter
Acclimatisatie	zeer klein	na 2 weken speelt dit wel een rol

5.5 Overige factoren

Factoren die een rol kunnen spelen bij de beoordeling van het werkklimaat door mensen zijn:

- overwerk en ploegendienst
- veel of weinig afwisselend werk
- bouwkundige omstandigheden
- het productieproces
- andere belastende arbeidsomstandigheden
- individuele aanpassingsmogelijkheden

5.5.1 Overwerk en ploegendienst

Het is aannemelijk dat overwerken en het werken in ploegendienst extra belastende factoren kunnen zijn. Overwerken verhoogt de totale blootstellingstijd. Het werken in ploegen is fysiek zwaarder dan het werken in dagdienst. Daar kan de belasting van koude of warmte nog bij komen. Mijns inziens zal de belasting zelfs zwaarder zijn als men 's zomers in de nachtdienst werkt. Want hoewel het 's nachts koeler is (wat een voordeel zou kunnen zijn ten opzichte van de dagdienst), is het warm wanneer men moet slapen (wat weer een nadeel kan zijn t.o.v. de dagdienst). De mate waarin overwerk en ploegendienst als extra belastende factor meegenomen moet worden is wellicht onderwerp voor nader onderzoek. Ik heb deze factoren in deze scriptie niet meegenomen.

5.5.2 Veel of weinig afwisselend werk

Bij werk met afwisselende perioden van arbeidsinspanning (met erg verschillend metabolisme) moet de beoordeling per periode worden gemaakt. Daar moet dan vervolgens een gewogen gemiddelde van worden gemaakt. Dit levert met de gangbare methoden rare situaties op. Piekbelastingen worden vaak niet mee genomen (Olesen 1985). Je kunt dan gemiddeld per periode of gemiddeld over een aantal perioden uitkomen op een aanvaardbare belasting, terwijl er daarbinnen belastingen kunnen optreden die de grenzen van het aanvaardbare overschrijden. Ik heb in deze scriptie deze factor niet mee genomen. Ik ga uit van een werkplek waarbij de arbeidsbelasting de gehele dag ongeveer gelijk is.

5.5.3 Bouwkundige omstandigheden

Bouwkundige omstandigheden zijn erg belangrijk, vooral bij warmte. Bij een onderzoek in wasserijen (Houtenbos, 1989) bleek dit zelfs de doorslaggevende factor. Normen voor gebouwen in Nederland gelden vooral voor herfst, lente en winter. De isolatiewaarde van gebouwen (R-waarde) is gebaseerd op energiezuinigheid. Dit verdraagt zich niet altijd met een lage warmtebelasting in de zomer als het warm is. De bouwkundige omstandigheden vergen een deskundigheid die ik niet bezit en die het kader van deze scriptie volgens mij te buiten gaat. Ik heb deze factor dan ook niet meegenomen in het uiteindelijke instrument.

5.5.4 De aard van het productieproces

Het productieproces is een belangrijke, vaak niet of moeilijk te beïnvloeden factor. Wordt er bijvoorbeeld gewerkt met hoge productietemperaturen (bakkerijen, glasproductie, kunststoffen)? Komt er bij het productieproces veel vocht in de werkruimte (zuivel, wasserijen)? Is er altijd een vochtige omgeving (tuinbouw, kassen)? Is er altijd veel zonlicht op de werkplek (als de zon schijnt uiteraard), zoals in kassen? Dat zijn omstandigheden die zeker bij warmte een misschien wel doorslaggevende rol spelen. Ik heb overwogen om deze factoren mee te nemen in het uiteindelijke instrument. Ik heb uiteindelijk besloten om dat niet te doen, hoewel ik daarmee kans loop erg veel werkplekken uit te sluiten. De specifieke aard van bovenbedoelde productieprocessen beïnvloeden de uitkomst dermate, dat mijn instrument daaraan aangepast zal moeten worden om op die plekken bruikbaar te kunnen zijn. Nader onderzoek naar en meting van deze specifieke omstandigheden lijkt mij dan noodzakelijk.

5.5.5 Andere belastende arbeidsomstandigheden

Andere belastende arbeidsomstandigheden naast thermische belasting zouden wel eens een elkaar versterkend effect kunnen hebben. Ik heb niet gezocht naar bewijzen van deze stelling in de literatuur. Fysieke belasting heeft zo'n effect in ieder geval, omdat dan het metabolisme omhoog gaat. Het is ook zeker dat een isolerend werkpak (zoals gebruikt wordt bij asbest verwijdering of door de brandweer) extra belastend werkt. Dit kun je gedeeltelijk mee laten wegen als extra inspanning door bewegingshinder (Havenith 1998). Maar hoe zit het met het effect van lawaai, stof, werkdruk, op de mate waarin mensen thermisch discomfort ervaren? Dit zou een goed onderwerp zijn voor verder onderzoek. De extra inspanning door bewegingshinder neem ik wel mee, lawaai, stof, werkdruk niet.

5.5.6 Individuele aanpassingsmogelijkheden

Als mensen de mogelijkheid hebben hun eigen klimaat te beïnvloeden ervaren zij het minder snel als belastend (Simonis, 1997). Bij tijdelijk oncomfortabele omstandigheden zullen deze mogelijkheden vaak beperkt zijn tot een raam of deur openzetten of juist sluiten. De verwarming hoger of lager zetten is in bedrijfsruimten niet altijd mogelijk. Airconditioning is soms wel, maar vaker niet, aanwezig. Als er wel airconditioning is, dan wordt dit in bedrijfsruimten meestal centraal geregeld. De instelmogelijkheden van de individuele werknemers zijn dan vrijwel afwezig. In de hiervoor gepresenteerde gangbare methoden om klimaatsituaties te beoordelen ontbreekt deze factor. In overlegsituaties tussen de bedrijfsleiding en OR of vakbond kan deze factor eventueel een rol spelen (bijvoorbeeld: naarmate de individuele instelmogelijkheden meer aanwezig zijn, zijn wij bereid het tempo van invoeren van structurele verbeteringen enigszins aan te passen). Ik neem deze factor mee in mijn instrument.