

---

# Hittestress op de werkplek

---

Signalement







Aan de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

---

Onderwerp : Aanbieding signalement *Hittestress op de werkplek*  
Uw kenmerk : ARBO/A&V/2007/22676  
Ons kenmerk : 895/07/CB/mj/832-T  
Bijlagen : 1  
Datum : 24 november 2008

Geachte minister,

Graag bied ik u hierbij het signalement Hittestress op de werkplek aan. Het betreft het eerste signalement uit een reeks over arbeidsomstandighedenrisico's, die genoemd zijn in de Arbeidsomstandighedenwet en regelgeving.

Hittestress op de werkplek is niet alleen afhankelijk van omgevingsfactoren, zoals temperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid of ventilatie en stralingswarmte, maar wordt ook in sterke mate bepaald door de mate van inspanning tijdens de werkzaamheden, de kleding en persoonlijke factoren. De vraag die in het signalement beantwoord wordt, is of er op dit moment of op termijn nieuwe wetenschappelijke inzichten zijn met betrekking tot concrete gezondheidskundige en veiligheidskundige grenswaarden voor hittestress op de werkplek.

Vooraf de nadelige kortetermijneffecten van hittestress zijn goed onderzocht en beschreven. De fysieke kortetermijneffecten hebben in de jaren tachtig van de vorige eeuw geleid tot het opstellen van gezondheidskundig onderbouwde referentie- en grenswaarden, die tot op de dag van vandaag in gebruik zijn. Doel van die waarden is acute hitteziekten te voorkomen. Doordat de oorzaken van hittestress divers zijn, zijn er series van grenswaarden ontwikkeld.

Behalve tot fysieke kortetermijneffecten kan hittestress leiden ook tot nadelige effecten op het mentale functioneren, waaronder een afname van de waakzaamheid. Uit de bestudeerde wetenschappelijke literatuur lijken nadelige mentale effecten bij lagere niveaus van hittestress op te treden dan de fysieke effecten. De referentiewaarden die in Nederland bij de handhaving gebruikt worden houden geen rekening met de mentale kortetermijneffecten. Hoewel een verminderde waakzaamheid op zichzelf geen nadelig gezondheidseffect is, kan het in tal van arbeidssituaties leiden tot een verhoogd risico op fouten en ongevallen.

---

Bezoekadres  
Parnassusplein 5  
2511 VX Den Haag  
Telefoon (070) 340 67 79  
E-mail: [ca.bouwman@gr.nl](mailto:ca.bouwman@gr.nl)

Postadres  
Postbus 16052  
2500 BB Den Haag  
Telefax (070) 340 75 23  
[www.gr.nl](http://www.gr.nl)





Onderwerp : aanbieding signalement *Hittestress op de werkplek*  
Ons kenmerk : ARBO/A&V/2007/22676  
Pagina : 2  
Datum : 24 november 2008

---

Het eindoordeel van de commissie luidt dat de huidige wetenschappelijke inzichten geen aanleiding geven om de gezondheidskundige referentie- en grenswaarden voor hittestress te herzien voor wat betreft de fysieke kortetermijneffecten. Wel verdient het aanbeveling te onderzoeken of er veiligheidskundige grenswaarden geformuleerd kunnen worden ter bescherming tegen effecten op het mentale functioneren. Langetermijneffecten van hittestress zijn onvoldoende onderzocht om als basis voor grenswaarden te kunnen dienen.

De commissie heeft gebruik gemaakt van de commentaren die zijn ontvangen op een openbaar concept van dit signalement en van de oordelen die zijn ingewonnen bij de beraadsgroep Gezondheid en Omgeving, een vast college van deskundigen binnen de Gezondheidsraad.

Van dit signalement heb ik tevens een exemplaar verzonden aan de minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Hoogachtend,

Prof. dr. J.A. Knottnerus



---

# Hittestress op de werkplek

---

Signalement

---

aan:

de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid

---

Nr. 2008/24, Den Haag, 24 november 2008

---

---

De Gezondheidsraad, ingesteld in 1902, is een adviesorgaan met als taak de regering en het parlement ‘voor te lichten over de stand der wetenschap ten aanzien van vraagstukken op het gebied van de volksgezondheid’ (art. 22 Gezondheidswet).

De Gezondheidsraad ontvangt de meeste adviesvragen van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn & Sport; Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening & Milieubeheer; Sociale Zaken & Werkgelegenheid en Landbouw, Natuur & Voedselkwaliteit. De raad kan ook op eigen initiatief adviezen uitbrengen, en ontwikkelingen of trends signaleren die van belang zijn voor het overheidsbeleid.

De adviezen van de Gezondheidsraad zijn openbaar en worden als regel opgesteld door multidisciplinaire commissies van – op persoonlijke titel benoemde – Nederlandse en soms buitenlandse deskundigen.



De Gezondheidsraad is lid van het European Science Advisory Network for Health (EuSANH), een Europees netwerk van wetenschappelijke adviesorganen.



**INAHTA**

De Gezondheidsraad is lid van het International Network of Agencies for Health Technology Assessment (INAHTA), een internationaal samenwerkingsverband van organisaties die zich bezig houden met *health technology assessment*.

---

U kunt het signalement downloaden van [www.gr.nl](http://www.gr.nl).

---

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:  
Gezondheidsraad. Hittestress op de werkplek. Den Haag: Gezondheidsraad, 2008; publicatienr. 2008/24.

Preferred citation:  
Health Council of the Netherlands. Heat stress in the workplace. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2008; publication no. 2008/24.

---

auteursrecht voorbehouden

all rights reserved

---

ISBN: 978-90-5549-735-5

---



---

# Inhoud

---

Samenvatting 9

---

Executive summary 13

---

Achtergrond van deze signalering 17

- 
- 1 Inleiding hittestress op de werkplek 21
    - 1.1 De Arbowet over hittestress 21
    - 1.2 Definities 23
    - 1.3 Lichaamswarmte in balans 24
    - 1.4 Fysiologische veranderingen 24
    - 1.5 Blootstelling aan hitte op de werkplek 25
    - 1.6 Aanpassing aan hittestress 26
  - 2 Inventarisatie van grenswaarden 29
    - 2.1 Bekendste grenswaarden 29
    - 2.2 Gezondheidskundige onderbouwing 32
  - 3 Kortetermijneffecten van hittestress 35
    - 3.1 Effecten op het fysieke functioneren 36
    - 3.2 Effecten op het mentale functioneren 37
-

3.3	Effect op sterfte	41
3.4	Effecten op de vruchtbaarheid	42
3.5	Conclusies over nadelige kortetermijneffecten	42
<hr/>		
4	Langetermijneffecten van hittestress	45
4.1	Effecten op het fysieke functioneren	45
4.2	Effecten op het ongeboren kind	46
4.3	Risico op het ontstaan van kanker	46
4.4	Conclusies over nadelige langetermijneffecten	47
<hr/>		
5	Overzicht en conclusies	49
5.1	Wetenschappelijke inzichten over bestaande grenswaarden	49
5.2	Nieuwe wetenschappelijke inzichten	50
5.3	Personen met een verhoogd risico	51
5.4	Conclusies met betrekking tot grenswaarden	51
<hr/>		
	Literatuur	53
<hr/>		
	Bijlagen	57
A	De adviesaanvraag	59
B	De commissie	63
C	Openbare commentaarronde	65
D	Fysiologische effecten in arbeidssituaties	67
E	Lijst met afkortingen	71

---

# Samenvatting

---

---

## De adviesvraag

Op verzoek van de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid is de Gezondheidsraad in het voorliggende signalement nagegaan of er op dit moment of op termijn nieuwe wetenschappelijke inzichten zijn, of te verwachten zijn over concrete gezondheidkundige en veiligheidkundige grenswaarden voor hittestress op de werkplek. Het signalement is het eerste in een reeks, waarin arbeidsrisico's uit de Arbeidsomstandighedenwet en regelgeving onder de loep worden genomen. Ter beantwoording van de vragen van de minister heeft de commissie de wetenschappelijke gegevens bestudeerd over nadelige korte- en langetermijneffecten van hittestress. De commissie doet in het signalement geen voorstel voor de hoogte van een grenswaarde.

---

## Hittestress in het werk

Hittestress in het werk is niet alleen een kwestie van omgevingstemperatuur. Minstens zo belangrijk is hoeveel inspanning het werk vraagt, omdat daarbij veel lichaamswarmte geproduceerd kan worden. Kan die lichaamswarmte makkelijk aan de omgeving afgestaan worden of vormt de kleding een belemmering? Daarnaast varieert de reactie op hittestress van persoon tot persoon. Op het individuele niveau zijn acclimatisatie en fitheid van een werknemer de belangrijkste factoren die de gevoeligheid voor hittestress verminderen.

---

---

## **Grenswaarden en effecten voor hittestress**

Nederland kent geen wettelijke grenswaarden voor hittestress. Bij de handhaving wordt wel een set van referentiewaarden voor de omgevingswarmte gebruikt, beschreven in NEN-ISO 7243:1989. De bekendste grenswaarden in het buitenland zijn die van het Amerikaanse National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). De NIOSH-waarden zowel als de NEN-ISO-referentiewaarden zijn gebaseerd op het voorkómen van acute hitteziekten als hitte-uitputting en hitteberoerte, waarbij de lichaamskerntemperatuur als indicator dient.

Uit de bestudeerde wetenschappelijke literatuur blijkt dat onderzoek naar hittestress vooral gericht is geweest op de nadelige fysieke kortetermijneffecten. Het merendeel van het onderzoek vond onder gecontroleerde omstandigheden plaats. Onderzoeksgegevens uit reële arbeidssituaties zijn maar beperkt beschikbaar.

Resultaten van recenter wetenschappelijk onderzoek laten zien dat hittestress ook nadelige mentale kortetermijneffecten heeft. Een afname in waakzaamheid en slechtere prestaties voor andere mentale functies traden op bij niveaus van omgevingswarmte waar nog geen sprake was van nadelige fysieke effecten. Uit de literatuur blijkt dat onder invloed van hittestress meer onveilige handelingen plaatsvinden en het risico op ongevallen toeneemt. In arbeidssituaties kunnen zulke effecten een gevaar opleveren voor de eigen gezondheid of die van anderen.

---

## **Conclusies met betrekking tot grenswaarden**

Referentiewaarden voor nadelige fysieke kortetermijneffecten van hittestress behoeven geen herziening

De commissie komt tot de conclusie dat er op dit moment geen nieuwe wetenschappelijke inzichten zijn over de nadelige fysieke kortetermijneffecten van hittestress, die aanleiding geven bestaande gezondheidkundige grenswaarden, zoals de NEN-ISO referentiewaarden, te herzien.

De referentiewaarden houden geen rekening met nadelige mentale kortetermijneffecten

In de onderbouwing van de referentiewaarden en de door NIOSH aanbevolen waarden is geen rekening gehouden met de nadelige mentale kortetermijneffecten

---

ten van hittestress. De wetenschappelijke inzichten op dit moment lijken naar het oordeel van de commissie mogelijkheden te bieden voor concrete veiligheidskundige grenswaarden ten aanzien van die effecten van hittestress.

Er zijn onvoldoende gegevens over langetermijneffecten van hittestress

Zowel de nadelige fysieke als de mentale langetermijneffecten van hittestress zijn nog onvoldoende onderzocht. De wetenschappelijke inzichten over langetermijneffecten zijn naar het oordeel van de commissie op dit moment ontoereikend als basis voor gezondheidskundige of veiligheidskundige grenswaarden.



---

## Executive summary

Health Council of the Netherlands. Heat stress in the workplace. The Hague: Health Council of the Netherlands, 2008; publication no. 2008/24.

---

### The request for advice

In the present report, at the request of the Minister of Social Affairs and Employment, the Health Council of the Netherlands has investigated whether at the present time there are any new scientific insights concerning health-based and safety-based limit values for heat stress in the workplace, and whether any such insights can be expected in due course. This report is the first in a series of reports examining occupational risks covered by the Working Conditions Act and its associated regulations. In order to be able to answer the Minister's questions, the Committee studied scientific data on the adverse short-term and long-term effects of heat stress. In this report, the Committee makes no proposals concerning the level of a limit value.

---

### Heat stress in the workplace

Heat stress in the workplace is not simply a question of ambient temperature. An equally important factor is the degree of effort associated with the work in question, since this can result in the production of considerable amounts of body heat. Can such body heat easily be dissipated to the immediate environment, or is this process impeded by clothing? In addition, the response to heat stress varies from one person to another. At the individual level, acclimatisation and fitness are the main factors that reduce an employee's susceptibility to heat stress.

---

---

## **Limit values and the effects of heat stress**

The Netherlands has no statutory limit values for heat stress. There is a set of reference values, however, which is used for the purpose of compliance. These are described in NEN-ISO 7243: 1989. At international level, the most widely known limit values are those that were recommended by the American National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Both the NIOSH-values and the reference values are based on the prevention of acute heat illnesses (such as heat exhaustion and heat-stroke), which involves using body core temperature as an indicator.

A survey of the scientific literature reveals that research into heat stress has mainly focused on its adverse short-term physical effects. The bulk of these studies were carried out under controlled conditions. The amount of research data relating to realistic work situations is very limited indeed.

Results from more recent scientific research show that heat stress also causes adverse short-term mental effects. Reduced vigilance and poorer performance in terms of other mental functions were observed at environmental heat levels at which there was still no indication of adverse physical effects. The scientific literature indicates that heat stress results in an increased incidence of unsafe acts and a greater risk of accidents. In work situations, effects of this kind can endanger the health of an individual or that of others.

---

## **Conclusions and recommendations in relation to limit values**

**Reference values for the adverse short-term physical effects of heat stress do not need to be reviewed**

The Committee concludes that, at the present time, there are no new scientific insights concerning the adverse short-term physical effects of heat stress. There is, therefore, no reason to review existing health-based limit values, such as the NEN-ISO reference values.

**Reference values do not take adverse short-term mental effects into account**

The reasoning which underpins the reference values and limit values recommended by NIOSH makes no allowance for any adverse short-term mental effects of heat stress. The Committee takes the view that current scientific knowledge

---



appears to offer sufficient opportunities for the establishment of safety-based limit values for heat stress.

There is insufficient data about the long-term effects of heat stress

Too few studies have been conducted on the adverse long-term physical and mental effects of heat stress. The Committee takes the view that current scientific knowledge on long-term effects is not an adequate basis for health-based or safety-based limit values.



---

# Achtergrond van deze signalering

---

## Inleiding

Het voorliggende signalement bespreekt de gezondheidsrisico's van hittestress op de werkplek. Dit thema wordt in onze samenleving steeds belangrijker: een stijgend aantal zomerse en tropische dagen, een vergrijzende arbeidspopulatie, plannen voor het verhogen van de pensioenleeftijd naar 67 jaar en militaire vredesmissies hebben allemaal tot gevolg dat mensen tijdens hun werk vaker met situaties van hittestress te maken krijgen. Hittestress omvat meer dan een hoge omgevingstemperatuur, want ook luchtvochtigheid, windsnelheid of ventilatie, en stralingswarmte dragen daar aan bij. Andere belangrijke factoren voor hittestress zijn de lichaamswarmte die tijdens het werk geproduceerd wordt en de kleding. Hoe het lichaam vervolgens reageert op hittestress is gebonden aan individuele factoren.

---

## De adviesaanvraag

Dit signalement geeft antwoord op de adviesaanvraag van 10 juli 2007 van de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid aan de Gezondheidsraad. In die aanvraag werd gevraagd:

- Periodiek te signaleren of er *op dit moment* nieuwe (internationale) wetenschappelijke inzichten zijn met betrekking tot concrete gezondheidskundige en/of veiligheidskundige grenswaarden.

- Periodiek te signaleren of er *op termijn* nieuwe (internationale) wetenschappelijke inzichten zullen zijn met betrekking tot concrete gezondheidkundige en/of veiligheidkundige grenswaarden.
- Daarnaast heeft de minister gevraagd ook de *bestaande* wetenschappelijke inzichten in beschouwing te nemen. De volledige adviesaanvraag is opgenomen in bijlage A bij dit advies.

Op 14 maart 2008 werd voor deze taak de Commissie Signalering Arbeidsomstandighedenrisico's geïnstalleerd. De commissie is samengesteld uit deskundigen op het terrein van arbeidsomstandigheden, gezondheid, veiligheid en beroepsziekten. De voorzitter en leden van de commissie zijn vermeld in bijlage B.

Op verzoek van het ministerie van SZW is de commissie gestart met een signalement over hittestress. In volgende signaleringen komen andere arbeidsomstandighedenrisico's die in de Arbwet en regelgeving genoemd worden aan bod. In een later stadium kunnen mogelijk ook nieuwe risico's worden toegevoegd.

---

### **Aanpak van de commissie**

De commissie onderzoekt eerst of er gezondheidkundige of veiligheidkundige grenswaarden beschikbaar zijn, in Nederland of in het buitenland. Zijn er grenswaarden, dan gaat zij na of die een gezondheidkundige of veiligheidkundige basis hebben.

Vervolgens voert de commissie een systematische verkenning uit van de beschikbare wetenschappelijke literatuur. Zijn er wetenschappelijke inzichten met betrekking tot nadelige korte- of langetermijneffecten die een gezondheidkundige of veiligheidkundige grenswaarde mogelijk maken, nu of in de toekomst? Of geven nieuwe inzichten aanleiding om een bestaande grenswaarde te herzien?

De commissie selecteert publicaties die relevant zijn voor de beantwoording van de bovenstaande vragen. Een signalement geeft dan ook geen volledig overzicht van alle beschikbare publicaties. De commissie zal in haar signaleringen gewoonlijk geen voorstel doen over de hoogte van een gezondheidkundige of veiligheidkundige grenswaarde.

Heeft de commissie consensus bereikt dan wordt een concept van het signalement openbaar gemaakt voor commentaar door derden. Het ontvangen commentaar wordt betrokken bij de afronding van het signalement (bijlage C).

---

---

## Literatuuronderzoek

De literatuur over hittestress is verzameld met behulp van de online databestanden PubMed en PsycINFO. Vanwege de grote aantallen referenties op het trefwoord 'heat' zijn combinaties van zoektermen gebruikt. In PubMed: *heat and (health effect) and human*, periode: van 1950 tot juni 2008; *(heat or thermal) and stress and occupational*, periode: van 1985\* tot mei 2008; *(heat or thermal) and health and work*, periode: van 2002\*\* tot februari 2008. In PsycINFO: *(heat or thermal or hot) and (performance or cognitive or vigilance) and (work or occupation\* or environment\*)*, periode: van 1950 tot september 2008.

Op basis van de titel en samenvatting werden publicaties geselecteerd over korte- en langetermijneffecten van hittestress op de gezondheid en/of beroepsma-  
tige blootstelling aan hittestress. Waar mogelijk heeft de commissie gebruik  
gemaakt van overzichtsartikelen of rapporten van nationale en internationale  
adviesorganen en onderzoeksinstituten.

---

## Leeswijzer

In het eerste hoofdstuk geeft de commissie een introductie in hittestress als  
arbeidsrisico: wat zeggen Arbowet en regelgeving over hittestress en welke defi-  
nities zijn van belang? Wat is hittestress en wanneer is er sprake van een risico  
voor de gezondheid? Ook omschrijft de commissie welke werknemers met hit-  
tstress te maken krijgen. Hoofdstuk twee geeft een overzicht van de bekendste  
grenswaarden en hun gezondheidskundige onderbouwing. In hoofdstuk drie  
komen de kortetermijneffecten van hittestress aan bod. De langetermijneffecten,  
voor zover onderzocht, staan beschreven in hoofdstuk vier. In hoofdstuk vijf  
bespreekt de commissie de gevonden wetenschappelijke gegevens en formuleert  
zij een drietal conclusies.

---

\* Aansluitend op NIOSH 1986.<sup>1</sup>

\*\* Aansluitend op ACGIH 2001.<sup>2</sup>

---



---

# Inleiding hittestress op de werkplek

---

Dit hoofdstuk geeft een korte inleiding op het onderwerp hittestress op de werkplek. Allereerst wordt ingegaan op wat de Arbowet en regelgeving over dit onderwerp zeggen. Verder komen specifieke definities aan bod, het belang van een stabiele lichaamstermperatuur, de fysiologische gevolgen van hittestress en welke werknemers met hittestress te maken kunnen krijgen.

---

## 1.1 De Arbowet over hittestress

Wat zeggen Arbowet en regelgeving over hittestress?

In artikel 6.1.1 en 6.1.2 van het herziene Arbeidsomstandighedenbesluit staat dat:<sup>3</sup>

- 1 Rekening houdend met de aard van de werkzaamheden die door de werknemers wordt verricht en de fysieke belasting die daar het gevolg van is, veroorzaakt de temperatuur op de arbeidsplaats geen schade aan de gezondheid van de werknemers.
- 2 Indien door de temperatuur op de arbeidsplaats of door ongunstige weersomstandigheden toch schade aan de gezondheid van de werknemers kan ontstaan, worden persoonlijke beschermingsmiddelen ter beschikking gesteld. Indien de ter beschikking gestelde persoonlijke beschermingsmiddelen schade aan de gezondheid niet kunnen voorkomen, wordt de duur van de arbeid in een zodanige mate beperkt of wordt de arbeid met een zodanige fre-

quentie afgewisseld door een tijdelijk verblijf op een plaats waar een temperatuur heerst als bedoeld in het eerste lid, dat geen schade aan de gezondheid ontstaat.

Ook de volgende arbobeleidsregel is van toepassing op werken bij een hoge omgevingstemperatuur:<sup>4</sup>

Indien de aard van het werk of de aard van de arbeidsplaats het werken bij een hoge omgevingstemperatuur noodzakelijk maakt, leiden de klimatologische omstandigheden niet tot overschrijding van de referentiewaarden genoemd in:

- Bijlage A van de norm NEN-ISO 7243:1989 “Hete omgevingsomstandigheden – Bepaling van de externe warmtebelasting van werkende mensen, gebaseerd op WBGT-index (wet bulb globe temperature)”, inclusief correctieblad C1:1996, en
- Bijlage C van de norm NEN-ISO 7933:1990 “Hete klimaatomstandigheden – Analytische bepaling en interpretatie van de warmtebelasting met behulp van de berekening van de vereiste zweetproductie”.

De Arbeidsinspectie (AI) rangschikt extreme hitte onder de geringe risico’s. Dat betekent dat er geen actieve inspectie naar dit risico plaatsvindt, maar alleen naar aanleiding van klachten van werknemers.<sup>5</sup>

Hoewel een beleidsregel geen wettelijke status heeft zijn de referentiewaarden behorend bij NEN-ISO 7243:1989 (tabel 1) op dit moment in feite de vigerende norm voor Nederlandse arbeidssituaties.<sup>6</sup>

Het is de commissie opgevallen dat het Arbeidsomstandighedenbesluit naar ‘temperatuur’ verwijst, terwijl in de beleidsregel aan WBGT-waarden wordt gerefereerd die meer omvatten dan alleen de luchttemperatuur (zie voetnoot, tabel 1). Verder is NEN-ISO 7933:1990 niet meer in gebruik, maar vervangen door NEN-ISO 7933:2004. De tabel met referentiewaarden voor verschillende parameters van zweetproductie komt niet meer voor in de nieuwe versie, waarin de hittebelasting wordt voorspeld aan de hand van een computermodel.



Tabel 1 NEN-ISO 7243 (1989): Referentiewaarden voor de WBGT-index voor externe warmtebelasting.<sup>6</sup>

Metabolisme klasse <sup>a</sup>	Metabolisme, M		Referentiewaarde van WBGT <sup>b</sup>			
	Per eenheid huidoppervlak	Totaal (voor een gem. huidoppervlak van 1,8 m <sup>2</sup> )	Geacclimatiseerd persoon		Niet-geacclimatiseerd persoon	
			Watt/m <sup>2</sup>	Watt	°C	°C
0 (rust)	M ≤ 65	M ≤ 117	33		32	
1	65 < M ≤ 130	117 < M ≤ 234	30		29	
2	130 < M ≤ 200	234 < M ≤ 360	28		26	
3	200 < M ≤ 260	360 < M ≤ 468	Geen voelbare luchtbeweging	Voelbare luchtbeweging	Geen voelbare luchtbeweging	Voelbare luchtbeweging
			25	26	22	23
4	M > 260	M > 468	23	25	18	20

<sup>a</sup> Metabolismeklasse: 1: laag, bijv. lichte handarbeid die zittend of staand wordt uitgevoerd; 2 matig, bijv. aanhoudend werk met hand en arm, werk met arm en been of arm en romp, wandelen met een snelheid van 3,5 tot 5,5 km per uur; 3 hoog, bijv. intensief werk met arm en romp, zware materialen dragen, graven, schaven, hakken, met de hand maaien, zwaarbeladen karren of kruiwagens trekken of duwen, lopen met snelheid van 5,5 tot 7 km per uur; 4 zeer hoog, bijv. zeer intensieve activiteit met hoog tempo, werken met een bijl, traplopen of ladder beklimmen, hardlopen.

<sup>b</sup> Wet bulb globe temperature, is een indexmaat voor de omgevingswarmte, samengesteld uit drie temperatuurmetingen voor luchttemperatuur (drogeboltemperatuur), voor luchtvochtigheid en luchtsnelheid (natuurlijke natteboltemperatuur), en voor stralingswarmte (zwarte boltemperatuur). Vervolgens is de WBGT te berekenen met één van de volgende formules: buiten met directe zon  $WBGT_{buiten} = 0,7T_{nat} + 0,1T_{droog} + 0,2T_{zwart}$ ; binnen of buiten zonder zon:  $WBGT_{binnen} = 0,7T_{nat} + 0,3T_{zwart}$ .

## 1.2 Definities

Een viertal termen die centraal staan in dit advies behoeven een nadere omschrijving in de vorm van een definitie. Het gaat hierbij om de begrippen hitte, extreme hitte, hittestress en hittebelasting.

Hitte is sterke of overmatige warmte, met name van de temperatuur van de lucht.<sup>\*7</sup>

Extreme hitte is een luchttemperatuur hoger dan 36 °C (droge lucht) of een WBGT-waarde hoger dan 28 °C.\*\*

\* Een definitie van hitte met een concrete temperatuur is niet gevonden. In Nederland is volgens het KNMI sprake van een hittegolf als de maximumtemperatuur in De Bilt gedurende tenminste vijf opeenvolgende dagen elke dag 25 °C of hoger is (zomerse dagen) en in dat tijdvak bovendien op zeker drie dagen minstens 30 °C is bereikt (tropische dagen).

\*\* Overgenomen uit de adviesaanvraag Evaluatie Arbowet 1998 van de staatssecretaris van SZW aan de voorzitter van de SER, gedateerd 29 oktober 2004.

Hittestress is ‘de som van de warmte die ontstaat in het lichaam (stofwisselingswarmte) plus de warmte die afkomstig is van de omgeving (omgevingswarmte) minus de warmte die door het lichaam aan de omgeving wordt afgegeven, voornamelijk door verdamping’.<sup>\*1</sup>

Hittebelasting is ‘de lichamelijke reactie op de totale hittestress’.<sup>\*\*1</sup>

---

### 1.3 Lichaamswarmte in balans

Om normaal te kunnen functioneren in rust heeft het menselijke lichaam een stabiele lichaamskerntemperatuur<sup>\*\*\*</sup> van 36,7 plus of min 0,3°C nodig.<sup>9</sup> De hypothalamus in de hersenen is het centrum voor de thermoregulatie van het lichaam. Verschillende hormonen spelen daarbij een rol.<sup>1</sup>

Wanneer de omgevingstemperatuur toeneemt en/of het lichaam warmte produceert tengevolge van activiteit, streeft het lichaam naar het stabiliseren van de kerntemperatuur door warmte af te geven aan de omgeving. Door een grotere bloedtoevoer naar de huid en verwijding van de onderhuidse bloedvaten kan het lichaam makkelijker warmte kwijt door droge afgifte zoals straling, geleiding en stroming, of door natte afgifte in de vorm van zweet.

In rust blijft de lichaamskerntemperatuur stabiel tot een omgevingstemperatuur van 29,4 °C.<sup>10</sup> Stijgt de omgevingstemperatuur boven deze waarde dan kan het lichaam onvoldoende warmte kwijt aan de omgeving en zal de kerntemperatuur toenemen.

De bovengrens voor thermoregulatie ligt bij een lichaamskerntemperatuur van ongeveer 40 °C. Bij die kerntemperatuur treedt fysieke uitputting op.<sup>11</sup> Een verhoging van de kerntemperatuur met 5 °C wordt als dodelijk beschouwd.

---

### 1.4 Fysiologische veranderingen

Hittestress is afhankelijk van meerdere factoren. Van de omgevingsfactoren zijn temperatuur, luchtvochtigheid, lichtsnelheid, stralingswarmte en eventueel neerslag bepalend. Daarnaast is van belang hoeveel lichamelijke inspanning het werk vraagt. Tijdens maximale inspanning produceert het lichaam twintig keer meer energie dan tijdens rust. Ongeveer 20% van de energie wordt omgezet in spierac-

---

\* Heat stress is ‘the sum of the heat generated in the body (metabolic heat) plus the heat gained from the environment (environmental heat) minus the heat lost from the body to the environment, primarily through evaporation’.

\*\* Heat strain is ‘the bodily response to total heat stress’.

\*\*\* Lichaamskerntemperatuur is de temperatuur in de romp en de hersenen, die bij voorkeur rectaal wordt gemeten. Andere meetmethoden zijn oraal, in het oor, op de huid of met behulp van een ingeslikte sensor.<sup>8</sup>

---

tiviteit, het overige deel komt vrij als warmte in het lichaam.<sup>12</sup> Eveneens een belangrijke factor is de kleding die tijdens het werk gedragen wordt en welke eigenschappen die heeft voor thermische isolatie\*, waterdampdoorlaatbaarheid en ventilatie. Ten slotte zijn er persoonsgebonden factoren die een rol spelen, zoals leeftijd, geslacht, lichaamsbouw, etniciteit, aanpassing, fitheid, leefstijl en medicijngebruik (bijv. diuretica, bètablokkers, antihistaminica of psychiatrische medicijnen). Voor wat betreft leefstijl zijn roken en alcohol- en drugsgebruik de belangrijkste aspecten.<sup>1</sup> Al deze factoren maken dat hittestress en hittebelasting van persoon tot persoon verschillen.

Hittebelasting van het lichaam gaat gepaard met veranderingen in fysiologische parameters. Stijging van de lichaamskerntemperatuur, toename van de hartslagfrequentie en zweetproductie zijn de belangrijkste en meest onderzochte parameters. Niet iedere fysiologische verandering is ongunstig. Door aanpassing is het lichaam namelijk beter in staat hittestress te hanteren (zie paragraaf 1.6). Pas wanneer de kerntemperatuur blijft stijgen ontstaat het risico op schadelijke effecten voor de gezondheid (zie hoofdstuk 3).

---

## 1.5 Blootstelling aan hitte op de werkplek

Blootstelling aan hitte op de werkplek kan het gevolg zijn van hittegenererende bronnen in het werk, hoge buitenluchttemperaturen of een combinatie van beide. Voor de Nederlandse situatie zal blootstelling aan hitte die samenhangt met bepaalde beroepsgroepen of industrieën gedurende het hele jaar voorkomen en hitte tengevolge van klimatologische omstandigheden vooral in de zomermaanden.

Blootstelling aan hittegenererende bronnen treedt op bij bedrijven en industrieën zoals bijvoorbeeld de staalindustrie, chemische industrie en voedingsindustrie, in smelterijen, bij de productie van papier, glas, aluminium of rubber, in warmtekrachtcentrales, bakkerijen, wasserijen, restaurant- of bedrijfskeukens, sauna's en zwembaden, en in de tunnelbouw.<sup>13,14</sup>

Werknemers die vanwege de aard van hun werkzaamheden isolerende kleding dragen kunnen eveneens te maken krijgen met hittestress, zoals brandweerlieden, militairen, asbestwerkers, gritstralers, tankschoonmakers of koelhuismedewerkers.

Blootstelling aan hitte als gevolg van hoge buitenluchttemperaturen zal voornamelijk voorkomen bij werknemers die in de buitenlucht werken, zoals bijvoorbeeld in de bouw, wegenbouw, tuinbouw, agrarische sector, het leger, of bij

---

\* Uitgedrukt in Clo; 1 Clo = 0,155 m<sup>2</sup>.°C.W<sup>-1</sup>, dit komt overeen met een driedelig 'business suit'.

---

profsporters, in gebouwen waar een slechte klimaatregeling bestaat, bijvoorbeeld in scholen, kantoren, winkels, fabrieken, magazijnen en kassen, en in vervoermiddelen zonder airco.<sup>13,14</sup>

Hoewel een groot aantal arbeidsrisico's in jaarlijkse arborrapportages in kaart worden gebracht, zijn gegevens over blootstelling aan hitte daarin niet terug te vinden. Alleen via werknemersorganisaties zijn enkele gegevens over zelfgerapporteerde blootstelling bekend. De commissie heeft geen wetenschappelijke gegevens kunnen achterhalen over aantallen blootgestelde werknemers, en frequentie, duur en hoogte van blootstelling voor Nederlandse werkplekken. De Arbeidsinspectie (AI) schat de blootgestelde arbeidspopulatie voor extreme hitte op circa 30 000 personen.\*<sup>5</sup>

---

## 1.6 Aanpassing aan hittestress

Het lichaam is in staat zich aan te passen aan hittestress, dat wil zeggen te acclimatiseren. Onder normale omstandigheden duurt dat proces 4 tot 6 dagen. In die periode zullen hartslagfrequentie en lichaamskerntemperatuur geleidelijk afnemen, terwijl de zweetproductie toeneemt.

Bij een niet-geacclimatiseerd persoon zal in eerste instantie de hartslagfrequentie toenemen onder invloed van hittestress, in een later stadium gevolgd door zweetproductie. Bij een geacclimatiseerd persoon komt de zweetproductie sneller op gang, is de zweetproductie groter en bevat een lagere concentratie aan elektrolyten. Na ongeveer 7 tot 10 dagen hittestress is er sprake van volledige acclimatisatie. Acclimatisatie treedt niet alleen op onder invloed van omgevingswarmte maar kan ook het gevolg zijn van zware lichamelijke inspanning.

De fysieke aanpassingen aan hittestress verdwijnen geleidelijk wanneer geen blootstelling meer plaatsvindt. Lange tijd werd gedacht dat de acclimatisatie na 3 tot 4 weken zonder blootstelling volledig verdwenen was.<sup>1,15</sup> Maar uit recent onderzoek is gebleken dat zelfs na 26 dagen zonder blootstelling de gunstige effecten van acclimatisatie op lichaamstemperatuur en hartslagfrequentie nog steeds aanwezig waren.<sup>16</sup>

Ouderen en vrouwen zijn minder goed opgewassen tegen hittestress dan jonge mannen.<sup>17,18</sup> Bij ouderen treden veranderingen op in de bloedcirculatie waardoor de doorbloeding van de huid vermindert en is de belastbaarheid van het hart minder groot. Vrouwen hebben een lagere zweetproductie dan mannen. Bij

---

\* Gebaseerd op cijfers van het Centraal Bureau voor Statistiek, uitkomsten van een landelijke werknemersenquête en expertise van AI.

---

goed getrainde en geacclimatiseerde personen zijn leeftijd en geslacht echter nauwelijks van invloed.



---

## Inventarisatie van grenswaarden

---

Grenswaarden voor hittestress bestaan doorgaans uit een combinatie van omgevings- en fysiologische parameters. Overschrijding van de grenswaarden leidt in het algemeen tot aanpassing van de werk- en rusttijden, dat wil zeggen kortere werktijden met meer en langere pauzes. Verder wordt een onderscheid gemaakt in grenswaarden voor geacclimatiseerde en niet-geacclimatiseerde personen. Daarnaast wordt rekening gehouden met de aard en intensiteit van de werkzaamheden en zo nodig met het dragen van isolerende kleding. De meest gehanteerde grenswaarden zijn hieronder besproken; in paragraaf 2.2 volgt de gezondheidskundige onderbouwing.

---

### 2.1 Bekendste grenswaarden

De World Health Organization (WHO) bracht in 1969 een rapport uit over gezondheidseffecten van blootstelling aan hitte en concludeerde dat 'het af te raden is dat de lichaamskerntemperatuur boven 38°C of de orale temperatuur boven 37,5°C stijgt tijdens langdurige dagelijkse blootstelling aan zwaar werk en/of hitte'<sup>\*,15</sup>

Het National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ontwikkelde in 1972 een serie grenswaarden voor geacclimatiseerde werkers

---

\* World Health Organisation (1969): 'it is inadvisable for the core body temperature to exceed 100.4 °F (38 °C) or for oral temperature to exceed 99.5 °F (37.5 °C) in prolonged daily exposure to heavy work and/or heat'.

(*heat-stress recommended exposure limits*, REL) en voor niet-geacclimatiseerde werkers (*heat-stress recommended alert limits*, RAL).<sup>1</sup> Doel van de grenswaarden is acute hitteziekten als hitte-uitputting en hitteberoerte te voorkómen. In 1986 werden de grenswaarden aangepast aan de hand van nieuwe wetenschappelijke gegevens over het werken bij hoge temperaturen. De herziene grenswaarden zijn gebaseerd op een combinatie van omgevingswarmte (gemeten als WBGT) en lichaamswarmte ontstaan uit activiteit. Ze zijn gekoppeld aan aanbevelingen voor werk- en rusttijden per uur (figuur 1 en 2).\*

De American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) wil eveneens acute hitteziekten vermijden en stelt dat blootstelling aan hitte beëindigd dient te worden bij overschrijding van een aantal fysiologische grenswaarden: lichaamskerntemperatuur hoger dan 38 °C voor niet-geacclimatiseerde werkers en 38,5 °C voor geacclimatiseerde; hartslagfrequentie gedurende enkele minuten hoger dan (180 slagen per minuut minus de leeftijd); herstelhartslagfrequentie hoger dan 120 slagen per minuut, 1 minuut na een piekspanning; en bij symptomen van plotselinge, ernstige vermoeidheid, misselijkheid, duizeligheid of lichtheid in het hoofd.<sup>8,19</sup> De ACGIH hanteert *threshold limit values* (TLV) die overeenkomen met de grenswaarden van het NIOSH (figuur 3). Zo nodig wordt op de TLV een correctiefactor (in °C WBGT) toegepast voor het dragen van isolerende kleding.<sup>19</sup> Voor de koppeling aan werk- en rusttijden heeft de ACGIH grenzen opgesteld (tabel 2).

De Amerikaanse Occupational Safety & Health Administration heeft deze TLV's overgenomen.<sup>14</sup>

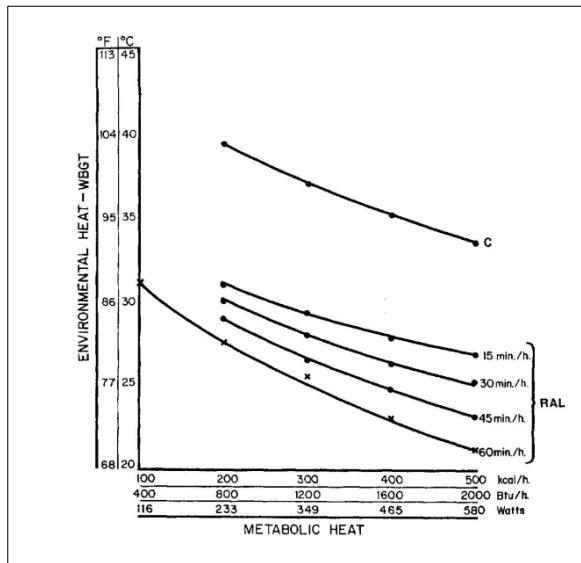
De International Organization for Standardization (ISO) heeft drie ISO-normen opgesteld die vrijwel iedere arbeidssituatie dekken waarbij hittestress optreedt. Het gaat om de ISO-nummers 7243, 7933 en 9886. Voor monitoring en controle van de omgeving geldt ISO 7243 (tabel 1). ISO 7933 wordt gebruikt om de uitwisseling tussen omgeving en werker te bepalen en ISO 9886 is gebaseerd op biomonitoring van lichaamskern- en huidtemperatuur, hartslagfrequentie en verlies van lichaamsgewicht door zweten.<sup>20</sup>

---

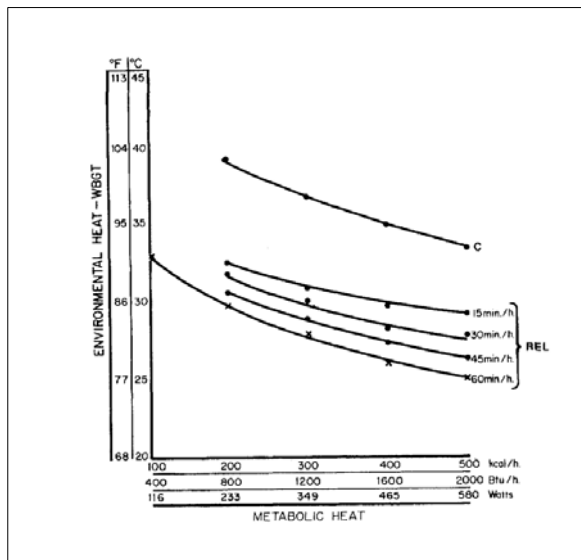
\* De curve 60 min/h is geldig voor continu werken. De curve 45 min/h heeft betrekking op 45 minuten werken en 15 minuten rust per uur; 30 min/h, 30 minuten werken en 30 minuten rust per uur; 15 min/h, 15 minuten werken en 45 minuten rust per uur.

---



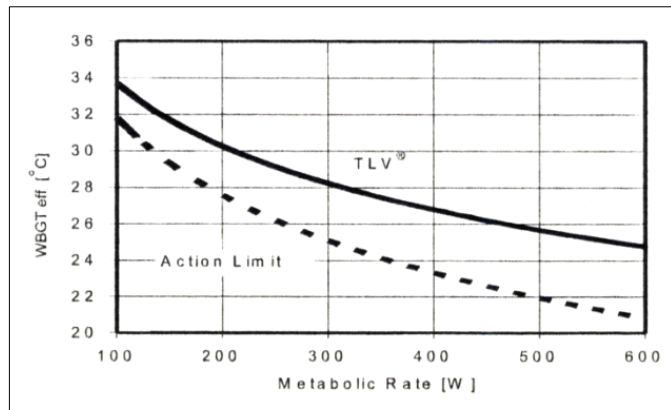


Figuur 1 NIOSH Recommended heat-stress alert limits (niet-geacclimatiseerde werknemers), C-curve: *ceiling* limiet<sup>1</sup>



Figuur 2 NIOSH Recommended heat-stress exposure limits (geacclimatiseerde werknemers), C-curve: *ceiling* limiet<sup>1</sup>

\* De *ceiling* limiet mag niet worden overschreden.



Figuur 3 TLV en actielimiet voor hittestress van de ACGIH (WBGT in °C, gecorrigeerd voor kleding)<sup>19</sup>

Tabel 2 Grenzen voor TLV en actielimiet voor hittestress van de ACGIH (WBGT-waarden afgerond op 0,5 °C)<sup>19</sup>

Aandeel werk per cyclus van werk en rust	TLV (geacclimatiseerd)				actielimiet (niet-geacclimatiseerd)			
	licht	matig	zwaar	zeer zwaar	licht	matig	zwaar	zeer zwaar
100% werk	31,0	28,0			28,0	25,0		
75% werk	31,0	29,0	27,5		28,5	26,0	24,0	
50% werk	32,0	30,0	29,0	28,0	29,5	27,0	25,5	24,5
25% werk	32,5	31,5	30,5	30,0	30,0	29,0	28,0	27,0

Gedurende de laatste 100 jaar zijn er veel verschillende indicatoren ontwikkeld voor hittestress.<sup>21</sup> De *wet bulb globe temperature* (WBGT) (zie voetnoot b, tabel 1) is inmiddels algemeen geaccepteerd als de meest gebruikte index voor omgevingswarmte en is gebaseerd op metingen van drie verschillende omgevingstemperaturen, die van de droge lucht (drogebolthermometer), de luchtvochtigheid en -snelheid (natuurlijke nattebolthermometer) en de stralingswarmte (zwartebolthermometer). De drie omgevingstemperaturen kunnen afzonderlijk gemeten worden of zijn geïntegreerd in een WBGT-meter. Hoe de WBGT bepaald moet worden staat beschreven in de documentatie van het NIOSH, de ACGIH en de ISO.<sup>1,6,8</sup>

## 2.2 Gezondheidskundige onderbouwing

De grenswaarden van het NIOSH, de ACGIH en de ISO-normen moeten voorkomen dat de lichaamskerntemperatuur boven 38°C stijgt en dat acute hitte-uitputting of hitteberoerte optreedt.

De WHO baseerde zijn conclusie over de lichaamskerntemperatuur voornamelijk op onderzoek van Lind uit 1963 dat onder laboratoriumomstandigheden plaatsvond.<sup>22,23</sup> Gegevens van reële arbeidssituaties ontbraken in die tijd.

Lind stelde bij drie mannelijke proefpersonen bovengrenzen voor de omgevingstemperatuur vast bij verschillende niveaus van kortdurende lichamelijke inspanning: 30,2°C (CET\*) voor 180 kcal/uur, 27,4°C voor 300 kcal/uur en 26,9°C voor 420 kcal/uur.<sup>22</sup> Beneden de genoemde temperaturen vond hij geen effect op de rectale temperatuur. In een vervolgonderzoek met twee proefpersonen bleek dat een lichamelijke inspanning van 300 kcal per uur, gedurende acht uur, geen effect had op de rectale temperatuur, polsslag en zweetverlies zolang de omgevingstemperatuur beneden 27,4°C (CET) bleef.<sup>23</sup>

Het NIOSH (1986) baseerde zijn aanbevolen waarden op risicoberekeningen voor de gevolgen van hittestress op de lichaamskerntemperatuur.<sup>1</sup> De basis voor die berekeningen is het onderzoek van Wyndham en Heyns uit 1973.<sup>24</sup> Uit epidemiologisch onderzoek in Zuid-Afrikaanse mijnen concludeerden de onderzoekers dat het risico op een hitteberoerte sterk toeneemt boven 32°C (ET\*\*) en het risico op een niet-fatale hitteberoerte verwaarloosbaar klein is beneden 27°C. Daarnaast schatten de onderzoekers op basis van laboratoriumstudies de kans dat na vier uur blootstelling aan verschillende niveaus van lichamelijke inspanning de lichaamskerntemperatuur een schadelijk niveau van 42°C bereikt.

Uit die gegevens berekende het NIOSH de kans dat een lichaamskerntemperatuur van 40°C wordt bereikt. Bij een effectieve temperatuur (ET) van 34,6°C is die kans één per miljoen, bij 35,3°C één per tienduizend, bij 35,8°C één per honderd en bij 36,6°C één op drie.<sup>1</sup>

---

\* Corrected effective temperature, voorloper van de WBGT als indexmaat voor omgevingswarmte, die metingen van luchttemperatuur, luchtvochtigheid en -snelheid, en stralingswarmte omvat.

\*\* Effective temperature, voorloper van de CET als indexmaat voor omgevingswarmte, die metingen van luchttemperatuur, luchtvochtigheid en -snelheid omvat.

---



---

## Kortetermijneffecten van hittestress

---

De wetenschappelijk literatuur over kortetermijneffecten van hittestress omvat vooral studies waarbij onder gecontroleerde omstandigheden fysiologische metingen zijn gedaan. Deze onderzoeken zijn gericht op acute effecten van hittestress bij matige tot zware lichamelijke inspanning bij specifieke groepen als sporters, militairen of brandweerlieden. De publicatie van Hancock *et al* geeft een historisch overzicht van het wetenschappelijk onderzoek naar hittestress.<sup>25</sup>

De gevolgen van hittestress in concrete werksituaties zijn weinig onderzocht. De onderzoeken die er zijn betreffen werkplekken in een warm klimaat, zoals Australië en Azië, of beschrijven uitzonderlijke arbeidssituaties zoals de mijnbouw. Ook is de kwaliteit en bruikbaarheid van die praktijkstudies soms onzeker. Sommige onderzoeken betroffen kleine aantallen onderzochte personen, of de beschrijving van de studie en de uitkomsten waren summier.

In dit hoofdstuk geeft de commissie een overzicht van in de literatuur gevonden nadelige kortetermijneffecten van hittestress, onderverdeeld in effecten op het fysieke functioneren, effecten op het mentale functioneren en effecten op sterfte en vruchtbaarheid. In hoofdstuk 4 komen langetermijneffecten aan bod.

---

---

## 3.1 Effecten op het fysieke functioneren

---

### 3.1.1 Hitteziekten in het algemeen

Het van oudsher bekendste kortetermijneffect van hittestress op het fysieke functioneren is het ontstaan van hitteziekten, die in meer of minder ernstige vormen kunnen vóórkomen. De effecten ontstaan wanneer het lichaam onvoldoende warmte kan afgeven aan de omgeving en de lichaamskerntemperatuur oploopt. Hitteziekten kunnen zich voordoen als:<sup>1,26</sup>

- huidaandoeningen in de vorm van jeuk en blaasjesuitslag door het verstopt raken van afvoergangen van de zweetklieren, meestal optredend onder de kleding;
- hittekramp in de spieren als gevolg van een verstoorde zoutbalans (te veel óf te weinig) door zweten, en hitteoedeem door onderhuidse vochtophoping;
- hittesyncope door onvoldoende bloedtoevoer naar de hersenen, zich uitend in flauwvallen en gepaard gaand met hoofdpijn, misselijkheid en diarree;
- hitte-uitputting door uitdroging, waarbij een snelle hartslag, een verhoogde lichaamskerntemperatuur van 38°C tot 39°C, verminderde activiteit en een slechtere concentratie optreden;
- hitteberoerte wanneer de lichaamskerntemperatuur hoger dan 40,5°C is, gepaard gaand met een droge en rode huid, krampen, stuiptrekkingen, verlies van bewustzijn en beschadigingen in talrijke weefsels en organen. Bij een hitteberoerte zijn twee vormen te onderscheiden, de klassieke en de aan inspanning gerelateerde. Er is sprake van een medische noodsituatie.

De beschreven effecten kunnen ook tegelijkertijd voorkomen.

Wanneer bij hitte-uitputting de lichaamstemperatuur niet snel wordt verlaagd door koeling en vochtinname, kan een hitteberoerte ontstaan. Ongeveer twintig procent van de mensen die een hitteberoerte hebben gehad ondervinden blijvende schade aan vitale organen als hart, lever, nieren en het zenuwstelsel.<sup>26</sup> De ACGIH geeft in zijn rapportage een overzicht van die literatuur.<sup>2</sup>

Soms wordt ook vermoeidheid tot de hitteziekten gerekend, zoals door het NIOSH. De vermoeidheid gaat gepaard met een tijdelijke vermindering van sensorische en mentale functies, waardoor het risico op ongelukken toeneemt. Dit effect is meestal het gevolg van onvoldoende acclimatisatie.

Over het vóórkomen van beroepsgebonden hitteziekte vond de commissie een informatieve publicatie uit de VS.<sup>27</sup> In de staat Washington werden van 1995 tot 2006, 480 claims voor hitteziekte toegekend op een totaal van 1,56 miljoen

---

claims voor compensatie van werknemers. De incidentie van claims was het hoogst tijdens de zomermaanden. Over de gehele periode waren de meeste claims afkomstig uit de bouwnijverheid en de publieke sector, elk 12 per 100 000 FTE\*, en landbouw, bosbouw, visserij en jacht, 5 per 100 000. Het hoogste jaargemiddelde aan claims was 81 per 100 000 FTE voor brandbestrijding, 59 per 100 000 voor dakconstructie en 45 per 100 000 voor wegen- en bruggenbouw.

---

### 3.1.2 *Fysiologische effecten in specifieke arbeidssituaties*

Sinds de rapportages van de WHO en het NIOSH is meer onderzoek in arbeidssituaties uitgevoerd, hoewel het ontbreekt aan goede, grootschalige epidemiologische onderzoeken. Het uitgevoerde onderzoek richtte zich vooral op de vraag wat er gebeurt met de lichaamskerntemperatuur en andere fysiologische parameters wanneer mensen tijdens hun werk met hittestress te maken krijgen. Nogal eens tot verrassing van de onderzoekers bleek er in arbeidssituaties geen directe relatie te vinden te zijn tussen de gemeten hittestress en de lichaamskerntemperatuur. Ook werd beschreven dat een hoge kerntemperatuur kan vóórkomen bij werknemers zonder objectieve symptomen van hitteziekten. Wel werden subjectieve belevingen van hittestress gerapporteerd onder medewerkers van een staalfabriek.<sup>28</sup>

Een andere onderzoeksbevinding was een grote variatie in de gemeten fysiologische parameters, niet alleen tussen personen maar ook tussen verschillende tijdstippen. Naast het bestaan van een circadiaan ritme in bijvoorbeeld kerntemperatuur, zagen de onderzoekers daarvoor twee oorzaken: acclimatisatie en zelfregulering. Dat laatste is een gedragsmatige aanpassing waarbij iemand het tijdelijk rustiger aan doet. Uit onderzoek in de mijnbouw bleek dat hitte-uitputting en hitteberoerte daar zelden optreden.<sup>29</sup>

Recent onderzoek naar acute effecten van hittestress op één of meer fysiologische parameters in verschillende arbeidssituaties zijn samengevat in tabel 3 en tabel 4 in bijlage D.

---

## 3.2 **Effecten op het mentale functioneren**

In de wetenschappelijke literatuur is er in toenemende mate aandacht voor de effecten van hittestress op het mentale functioneren, dat wil zeggen aandacht, waarnemen (perceptie), denken, geheugen en psychomotorische functies.<sup>30</sup> Bij stijgende omgevingstemperaturen blijken naast fysiologische veranderingen ook

---

\* FTE, full time equivalent, overeenkomend met 2000 gewerkte uren per jaar.

---

effecten als verminderde waakzaamheid, vermoeidheid en vermindering van cognitieve functies op te treden. In recente literatuur gaan onderzoekers na welke mentale functies worden beïnvloed, in welke mate dat gebeurt en bij welk niveau van hittestress.

Uitgaande van het hypothetische model van een omgekeerde U-vorm (figuur 4) tussen stressniveau enerzijds (horizontale as) en cognitieve veranderingen anderzijds (verticale as), zou hittestress binnen een bepaald traject nauwelijks invloed hebben tot een drempelwaarde is bereikt. Vervolgens treedt een fase in van snel verval.<sup>10</sup> De centrale vraag in het onderzoek is waar de drempelwaarde ligt voor effecten op het mentale functioneren en of die overeenkomt met die voor warmteopslag in het lichaam en veranderingen in fysiologische parameters.

---

### 3.2.1 *Ongevallen*

In de zeventiger jaren van de vorige eeuw werd al beschreven dat onder werknemers van twee verschillende metaalbedrijven het aantal waargenomen onveilige handelingen het laagst was bij temperaturen tussen 17°C en 23°C WBGT. De waarnemingen en registraties gebeurden door onafhankelijke waarnemers. Wanneer de omgevingstemperatuur steeg nam het aantal onveilige handelingen toe.<sup>31</sup>

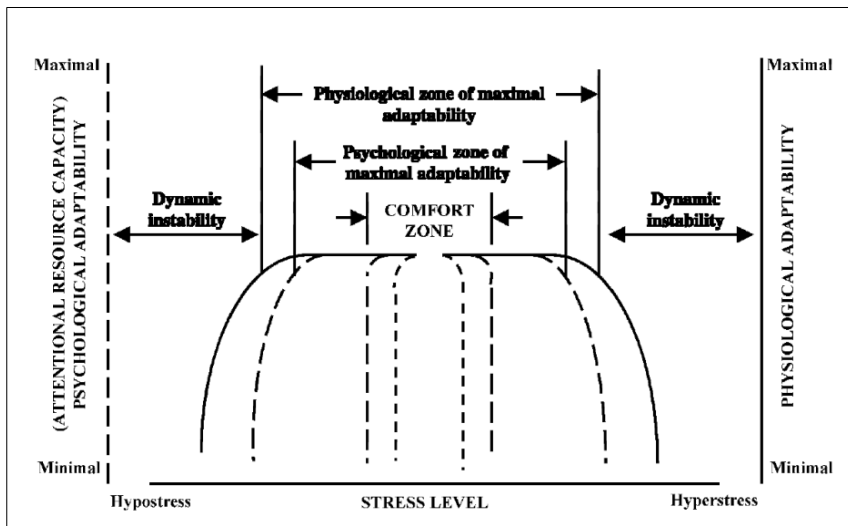
In een onderzoek naar ziekenhuisopnames in Toscane in de periode van 1998 tot 2003 vonden de onderzoekers dat bij een gemiddelde dagtemperatuur tussen 24,8°C en 27,5°C het risico op een arbeidsongeval het grootst was.<sup>32</sup>

---

### 3.2.2 *Waakzaamheid*

Onderzoek naar circa 500 fouten gemaakt door Israëlische helikopterpiloten toonde een relatie tussen het risico op het maken van een fout en stijgende omgevingstemperaturen.<sup>33</sup> Een significant verlaagd risico werd gevonden bij een temperatuur variërend tussen 25°C en 29°C. De odds ratio (OR) was 0,6 met een 95% betrouwbaarheidsinterval (CI) van 0,5 tot 0,8. In het temperatuurinterval tussen 30°C en 34°C was het risico op een fout significant verhoogd (OR 1,6; 95% CI 1,3 tot 2,0). Bij temperaturen hoger dan 35°C was het risico nog verder toegenomen (OR 6,2; 95% CI 2,1-21,8).





Figuur 4 Theoretisch model voor maximale adaptatie aan hittestress<sup>10</sup>

Onder 83 automobilisten werd de waakzaamheid onderzocht bij een temperatuur van 21 en 27°C.<sup>34</sup> Tijdens een autorit van tenminste één uur werd de proefpersonen gevraagd te reageren op meer dan twintig verschillende signalen. Bij een temperatuur van 27°C werd 50% van de signalen gemist en was de reactietijd met 22% verlengd, in vergelijking met de resultaten bij 2°C. Voor beide effecten was het verschil statistisch significant. Het effect op de waakzaamheid trad vooral op tijdens het tweede half uur van het onderzoek en bij een snelheid van minder dan 60 km/uur. Het verschil in waakzaamheid kan leiden tot vermindering van de rijprestatie en daardoor daling van de verkeersveiligheid. In een ander onderzoek onder 50 proefpersonen bleek dat zij bij een omgevingstemperatuur van 35°C 3% meer slingergedrag vertoonden dan bij 20°C.<sup>35</sup>

Acht Noorse piloten werden in een klimaatkamer gedurende 3 uur blootgesteld aan drie verschillende klimaten van 0°C en 80% luchtvochtigheid, 23°C en 63%, en 40°C en 19%.<sup>36</sup> Bij 40°C werden in een waakzaamheidstest significant meer foute reacties waargenomen en vonden de onderzoekers een dosiseffectrelatie met een toename in lichaamskerntemperatuur.

In de eerder genoemde studie onder staalfabriekmedewerkers hadden de hoog-blootgestelde mannen een reactietijd die gemiddeld ongeveer 30 milliseconde langer was dan die van de laag-blootgestelde groep.<sup>28</sup>

---

### 3.2.3 Onderscheid naar mentale functies

In een overzichtspublicatie van circa 160 studies concludeerde Ramsey dat het visuele motorische functioneren afnam bij omgevingstemperaturen tussen 30°C en 33°C WBGT.<sup>37</sup>

Dat niet alle mentale functies in dezelfde mate worden beïnvloed door hittestress onderzochten Hancock en Vasmatazidis.<sup>10</sup> Zij kwamen tot de conclusie dat waakzaamheid als eerste afnam, namelijk bij een verhoging van de lichaamskerntemperatuur met 0,055°C per uur blootstelling. Het uitvoeren van een dubbeltaak, het volgen van een bewegend doel op een computer en eenvoudige mentale functies waren allen minder gevoelig voor hittestress dan waakzaamheid. Maar voor alle genoemde mentale functies gold dat ze gevoeliger waren dan de fysiologische parameters. Die parameters werden pas beïnvloed wanneer de kerntemperatuur toenam met 1,67°C per uur blootstelling. Dezelfde onderzoekers ontdekten dat een hogere luchtvochtigheid van 70% nog een extra negatief effect had.<sup>38</sup>

Twee recente meta-analyses brachten een verdere verfijning aan in de gevolgen van thermische stress op het mentale functioneren.<sup>25,39</sup>

Pilcher *et al* concludeerden op basis van de resultaten van 22 onderzoeken, dat blootstelling aan temperaturen boven 32,2°C WBGT resulteerde in een afname in mentale functies van 15%.<sup>39</sup> Bij een lager temperatuurbereik van 26,7 °C tot 32,2°C WBGT waren die functies verminderd met 7,5%. Wanneer de temperatuur tussen 21,1 °C en 26,6°C WBGT bedroeg vonden de onderzoekers geen effecten. Taken die samenhangen met aandacht en waarneming bleken de meest gevoelige te zijn voor hittestress.

De meta-analyse van Hancock *et al*, gebaseerd op 57 studies, bevestigde dit resultaat.<sup>25</sup> Het mentale functioneren onder thermische stress was met circa 11% afgenomen. Hittestress verminderde vooral op waarneming gebaseerde taken, gevolgd door psychomotorische prestaties en ten slotte cognitieve prestaties. Voor alle drie categorieën gold dat de nauwkeurigheid van uitgevoerde taken bij hogere temperaturen was verminderd. Bij op waarneming gebaseerde taken was bovendien de reactietijd verlengd en dan met name bij temperaturen boven 29,4°C. De commissie plaatst als kanttekening bij beide meta-analyses dat in eerste instantie zowel effecten van hoge als lage temperaturen samen zijn genomen in de analyse, daarna gevolgd door een uitsplitsing in hitte en koude.

In welke mate de gevonden kortetermijneffecten op het mentale functioneren mede het gevolg waren van uitdroging is niet uit de onderzoeken op te maken. In andere onderzoeken is beschreven dat vochtverlies ter grootte van 2% van het lichaamsgewicht nadelige effecten heeft op het mentale functioneren.<sup>59,60</sup>

---

### 3.3 Effect op sterfte

Over de gevolgen van hittegolven en de relatie met sterfte onder de algemene bevolking is veel gepubliceerd. Vooral de hittegolf van 2003 in Europa en de extra sterfgevallen onder met name mensen van 65 jaar en ouder was aanleiding voor meerdere publicaties. De commissie beperkt zich hier tot het noemen van twee studies die het Nederlandse klimaat betreffen.

Kunst *et al* onderzochten de relatie tussen de dagelijkse temperaturen in de periode 1979-1987 en het dagelijkse aantal sterfgevallen.<sup>40</sup> De gevonden relatie komt overeen met een V-vorm, dat wil zeggen dat bij een gemiddelde temperatuur van 16,5°C het aantal sterfgevallen het laagst is. Neemt de gemiddelde temperatuur toe dan zijn er meer sterfgevallen, namelijk 1,7% per °C temperatuurstijging gedurende één dag. Aandoeningen van de ademhalingswegen waren verantwoordelijk voor 28% van de sterfgevallen en cardiovasculaire aandoeningen voor 26%. Tot verrassing van de onderzoekers temperde een hoge luchtvochtigheid de stijging in sterfte.

In een vervolgonderzoek over de periode 1979 tot 1997 werden de eerdere resultaten bevestigd.<sup>41</sup> De V-vorm met een optimum temperatuur van 16,5°C werd gevonden voor totale sterfte, sterfte tengevolge van cardiovasculaire aandoeningen, van respiratoire aandoeningen en voor personen van 65 jaar en ouder. Tijdens de hittegolven stierven per dag 40 personen extra. Vooral sterfte aan respiratoire aandoeningen was sterk toegenomen met 120%. De onderzoekers konden niet onderscheiden of er sprake was van extra sterfgevallen of dat mensen met een zwakke gezondheid eerder sterven bij een hittegolf (zgn. oogsteffect). In een recent rapport concluderen de onderzoekers dat waarschijnlijk van beide situaties sprake is.<sup>42</sup> Onder de leeftijdsgroep jonger dan 65 jaar had blootstelling aan hitte nauwelijks effect op het aantal sterfgevallen.

Vergelijkbaar onderzoek in arbeidssituaties is niet bekend bij de commissie. Hoewel in vergelijking met de algemene bevolking een populatie van werknemers als minder gevoelig wordt beschouwd, kan de commissie een effect van hittestress op sterfte onder oudere werknemers en werknemers met aandoeningen aan de ademhalingswegen, het hart en bloedvatstelsel niet uitsluiten.

---

### 3.4 Effecten op de vruchtbaarheid

Blootstelling aan hitte kan bij mannen leiden tot een verminderde vruchtbaarheid door een afname in het aantal spermatozoïden.<sup>43,44</sup> Voor een normale spermatogenese is het belangrijk dat de scrotumtemperatuur 2°C tot 4°C lager is dan de lichaamstemperatuur. Bij een scrotumtemperatuur hoger dan ca. 36-37°C is de vruchtbaarheid verminderd en het aantal afwijkende spermatozoïden toegenomen. Uit onderzoek bij muizen is gebleken dat na lokale verwarming van de testis tot 42°C geen sperma meer werd aangetroffen.<sup>45</sup>

Thonneau geeft een overzicht van een tiental onderzoeken waar effecten op de vruchtbaarheid bij mannen bleek samen te hangen met blootstelling aan hitte tijdens het werk.<sup>46</sup> Bij (taxi)chauffeurs, werknemers van de keramische industrie, (staal)lassers, metaalwerkers en bakkers zijn negatieve effecten beschreven op spermaparameters en de tijd tot conceptie van de partners. Bij welke omgevings- of lichaamstemperaturen deze effecten optraden was niet uit die onderzoeken af te leiden. Blootstelling was door de werknemers zelf gerapporteerd of beoordeeld op basis van werkbeschrijving.

De gevolgen van blootstelling aan hitte voor de vruchtbaarheid van vrouwen is amper onderzocht. In een Deens onderzoek onder paren die in behandeling waren voor een vruchtbaarheidsprobleem bleek dat beroepsmatige blootstelling aan hitte van één van beide partners de tijd tot conceptie verlengde.<sup>47</sup> Gegevens over de blootstelling waren verkregen uit zelf-rapportage en alleen kwalitatief. In een recent advies van de Gezondheidsraad werd de kwaliteit van deze studie als twijfelachtig beoordeeld.<sup>48</sup>

---

### 3.5 Conclusies over nadelige kortetermijneffecten

Hitteziekten vormen het bekendste fysieke kortetermijneffect van hittestress, waarvan hitte-uitputting en hitteberoerte de meest ernstige vormen zijn. Een stijging van de lichaamskerntemperatuur dient als indicator voor het ontstaan van hitteziekten.

In recent onderzochte arbeidssituaties leidde hittestress tot veranderingen in fysiologische parameters, zoals lichaamskerntemperatuur, hartslagfrequentie en zweetverlies, concentraties van elektrolyten in zweet en hormonen in urine. Bij sommige werknemers steeg de lichaamskerntemperatuur tot boven 38°C.

Uit onderzoek bleek eveneens dat hittestress kan leiden tot meer ongevallen, gemaakte fouten en nadelige effecten op het mentale functioneren. Van de mentale functies is waakzaamheid de meest gevoelige voor hittestress. Nadelige

---

mentale effecten bleken op te treden bij niveaus van hittestress waarbij nog geen sprake was van nadelige fysieke effecten.

Voor een aantal beroepsgroepen zoals beroepschauffeurs, werknemers in de keramische industrie, bakkers, metaalwerkers en lassers werd een verminderde vruchtbaarheid bij mannen in verband gebracht met blootstelling aan hitte. Bij welke omgevings- of lichaamstemperatuur de effecten optraden is niet uit de beschikbare gegevens af te leiden. Mogelijke gevolgen van blootstelling aan hitte voor de vruchtbaarheid van vrouwen is nauwelijks onderzocht.

Bij een toename van de buitenluchttemperatuur neemt onder de algemene bevolking het aantal sterfgevallen per dag toe bij mensen in de leeftijd van 65 jaar en ouder. Die sterfgevallen zijn vooral toe te schrijven aan aandoeningen van de ademhalingswegen, en van het hart en bloedvatstelsel.



---

## Langetermijneffecten van hittestress

---

Over langetermijneffecten van hittestress heeft de commissie slechts beperkt wetenschappelijke literatuur kunnen vinden. De gepubliceerde onderzoeken hebben betrekking op enkele fysieke effecten, effecten op het ongeboren kind en op het ontstaan van kanker. Die drie typen effecten komen hier achtereenvolgens aan bod.

---

### 4.1 Effecten op het fysieke functioneren

In een prospectieve cohortstudie in de periode van 1982 tot 2000 onder 218 werknemers van een Noors metaalbedrijf werd onderzocht wat de gevolgen van hittestress zijn voor de bloeddruk en de hartslagfrequentie.<sup>49</sup> Van de onderzochte groep waren 25 mannen, die als ovenwerkers werkten, blootgesteld aan hitte. Hoewel het onderzoek gericht was op de effecten van hittestress werden geen temperaturen vermeld. Blootgestelde en niet-blootgestelde werknemers verschilden onderling niet voor wat betreft bloeddruk of hartslagfrequentie. Aan het einde van de onderzoeksperiode was de totale mortaliteit in het cohort significant hoger dan die onder mannen van de Noorse algemene bevolking.

In twee onderzoeken werden de gevolgen op de nieren van werken bij hitte onderzocht. In een retrospectief dwarsdoorsnede onderzoek onder Braziliaanse metaalwerkers hadden 103 van 1 289 mannen die hun werk bij temperaturen van 45°C of meer verrichtten te maken gekregen met nierstenen.<sup>50</sup> Van de 9 037 mannen die bij kamertemperatuur werkten waren bij 78 van hen nierstenen geconsta-

---

teerd. Ook de nierfunctie en het urinevolume waren afgenomen bij de blootgestelde werkers.

Ook in een onderzoek onder Italiaanse mannen, werkzaam als machinist in de glasproducerende industrie, werden nierstenen gevonden bij 20 van de 236 aan hitte blootgestelde werknemers.<sup>51</sup> In de controlegroep van 165 mannen hadden 4 personen met nierstenen te maken gehad. Van 21 mannen van de blootgestelde groep en 21 uit de controle groep werd de nierfunctie onderzocht. De urine van de blootgestelde groep bleek tengevolge van dehydratie een hogere urinezuurconcentratie en een lagere pH te hebben.

---

#### **4.2 Effecten op het ongeboren kind**

In een aantal studies is onderzocht of blootstelling aan hitte tijdens de zwangerschap effect heeft op het ongeboren kind.

In een cohortstudie onder 12 150 Schotse kinderen, geboren tussen 1 950 en 1956, werd de invloed van de buitenluchttemperatuur tijdens de zwangerschap onderzocht.<sup>52</sup> Blootstelling aan een hogere temperatuur tijdens het eerste trimester leidde tot een significant lager geboortegewicht van de baby's. Na modellering kwamen de onderzoekers uit op een afname van 5,4 g in gewicht (95% CI 2,9-7,9) bij een toename in temperatuur van 1 °C. Wanneer blootstelling aan een hogere temperatuur tijdens het derde trimester optrad, nam het geboortegewicht juist toe met 1,3 g per 1 °C (95% CI 0,5-2,1).

In een patiënt-controleonderzoek onder 502 kinderen met een congenitale cardiovasculaire afwijkingen en 1066 controle kinderen in de staat New York werd geen relatie gevonden met blootstelling aan omgevingstemperaturen boven 37,8 °C (OR 1,1; 95% CI 0,6-2,2).<sup>53</sup> Ook wanneer de moeder warme baden had genomen of de sauna had bezocht, had dat geen effect. De commissie heeft enkele kanttekeningen bij het onderzoek, namelijk dat slechts 2,7% van de vrouwen blootgesteld was geweest en dat gegevens over blootstelling door de vrouwen zelf gerapporteerd werden.

In een overzichtspublicatie uit 2003 stellen Edwards *et al.* dat koorts tijdens de zwangerschap neuralebuisdefecten kan veroorzaken bij de foetus, wanneer de lichaamskerntemperatuur van de zwangere vrouw gedurende tenminste 24 uur 38,9 °C of hoger is.<sup>47,54</sup>

---

#### **4.3 Risico op het ontstaan van kanker**

Directe blootstelling aan ultraviolette straling verhoogt het risico op het ontstaan van diverse vormen van huidkanker.<sup>55</sup> Uit een recent onderzoek blijkt dat gelijk-

---



tijdige blootstelling aan een hoge omgevingstemperatuur daarbij een gering additioneel effect heeft.<sup>56</sup> Uit een analyse van Amerikaanse incidentiegegevens van carcinomen in tien verschillende regio's, bleek dat per °C temperatuurstijging de incidentie van plaveiselcelcarcinomen toenam met gemiddeld 5,5% en die voor basaalcelcarcinomen met 2,9%. Ter vergelijking, 80% van de variantie in incidentie wordt bepaald door de cumulatieve jaarlijkse dosis UV-straling.

Uit een onderzoek onder 282 patiënten en 282 controles van Chinese afkomst en woonachtig in Maleisië, bleek dat de prevalentie van nasofaryngeaal carcinoom geassocieerd was met blootstelling aan 'industriële hitte'. De odds ratio was 2,21 (95% CI 1,12-4,33, na correctie voor roken).<sup>57</sup> Kanttekeningen bij deze studie zijn dat ook blootstelling aan stoffen had plaatsgevonden (bijv. houtstof, metaal, formaldehyde) en dat de gegevens over blootstelling afkomstig waren uit zelfrapportage en niet gekwantificeerd. Behalve voor houtstof werd voor geen van de andere blootstellingen een verband gevonden. Vanwege bovengenoemde kanttekeningen kan de commissie de uitkomsten van het onderzoek voor wat betreft hittestress moeilijk interpreteren.

---

#### 4.4 Conclusies over nadelige langetermijneffecten

Langetermijneffecten van hittestress zijn nauwelijks onderzocht. Voor wat betreft fysiologische effecten werden in een Noorse cohortstudie geen verschillen in hartslagfrequentie en bloeddruk gevonden tussen aan hitte blootgestelde metaalwerkers en niet-blootgestelde collega's. Wel werd in twee andere studies blootstelling aan hitte in verband gebracht met het optreden van nierstenen en een verminderde nierfunctie.

Wat betreft de invloed van hittestress op het ongebooren kind werden in een aantal onderzoeken effecten gevonden. In een cohortonderzoek onder Schotse kinderen werd blootstelling aan een hogere buitentemperatuur tijdens het eerste trimester van de zwangerschap in verband gebracht met een lager geboortegewicht. Vond de blootstelling plaats in het derde trimester van de zwangerschap dan was het geboortegewicht juist verhoogd. In een onderzoek naar congenitale cardiovasculaire afwijkingen bij kinderen in de staat New York werd geen relatie gevonden met blootstelling van de moeder aan hitte tijdens de zwangerschap.

Ook het risico op het ontstaan van kanker na blootstelling aan hitte is weinig onderzocht. In een patiënt-controleonderzoek in Maleisië werd een verband gevonden tussen de prevalentie van nasofaryngeaal carcinoom en beroepsmatige blootstelling aan 'industriële hitte'. Vanwege het ontbreken van kwantitatieve gegevens over hitte en een gecombineerde blootstelling met toxische stoffen kan de commissie de resultaten van dit onderzoek moeilijk interpreteren.

---

Verder is uit onderzoek gebleken dat een hoge omgevingstemperatuur een lichte verhoging geeft van het risico op het ontstaan van huidkanker door ultraviolette straling.

---

## Overzicht en conclusies

---

De minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid vroeg de Gezondheidsraad te signaleren of er *op dit moment of op termijn* nieuwe (internationale) wetenschappelijke inzichten zijn of te verwachten zijn met betrekking tot concrete gezondheidkundige en veiligheidkundige grenswaarden voor hittestress op de werkplek. In deze signalering is antwoord gegeven op die vragen.

De commissie hanteert als uitgangspunt in haar afwegingen dat rekening houdend met de aard van de werkzaamheden en de fysieke belasting de temperatuur op de arbeidsplaats geen schade aan de gezondheid van werknemers mag toebrengen. Ter beantwoording van de vragen van de minister heeft de commissie gegevens bestudeerd over nadelige gezondheidseffecten van hittestress, die in de wetenschappelijke literatuur zijn gepubliceerd. Die nadelige effecten betreffen fysieke en mentale kortetermijneffecten, fysieke langetermijneffecten, het risico op het ontstaan van kanker, en effecten op de vruchtbaarheid en op de ontwikkeling van het ongeboren kind.

Arbeidsituaties waarin sprake is van een omgevingstemperatuur die als oncomfortabel wordt ervaren, laat de commissie buiten beschouwing.

---

### 5.1 Wetenschappelijke inzichten over bestaande grenswaarden

De referentiewaarden van NEN-ISO 7243:1989 en aanbevolen waarden zoals die van het National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), zijn gebaseerd op het voorkómen van nadelige fysieke kortetermijneffecten als hitte-

---

uitputting en hitteberoerte. De lichaamskerntemperatuur is de belangrijkste indicator voor het ontstaan van die gezondheidseffecten. De bestaande grenswaarden zorgen ervoor dat de lichaamskerntemperatuur niet boven 38 °C stijgt. Waar de individuele grenswaarde ligt is sterk afhankelijk van de mate van lichamelijke inspanning en of een werknemer al dan niet geacclimatiseerd is aan hittestress. Zo ligt voor een niet-acclimatiseerde werknemer die zwaar lichamelijk werk verricht de NEN-ISO referentiewaarde bij een omgevingstemperatuur van circa 20 °C (in WBGT).

Uit recent onderzoek naar hittestress in arbeidssituaties kwam naar voren dat onder werknemers een grote variatie bestaat in lichaamskerntemperatuur, hartslagfrequentie en zweetproductie. Niet alleen tussen werknemers, maar ook per persoon kunnen die parameters verschillen als gevolg van circadiane ritmen en acclimatisatie. Verder werden bij fitte werknemers lichaamskerntemperaturen boven 38 °C gemeten zonder dat objectieve symptomen van hitteziekten optraden.<sup>29,58</sup> Dosis-responsrelaties tussen hittestress (in °C WBGT) en fysiologische parameters waren in arbeidssituaties nauwelijks aantoonbaar. Voor het ontbreken van die relaties zochten de onderzoekers de verklaring in gedragsmatige aanpassingen van de werknemers om hittestress zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast constateerde de commissie dat goede, grootschalige epidemiologische onderzoeken in arbeidssituaties nog ontbreken.

---

## 5.2 Nieuwe wetenschappelijke inzichten

Resultaten van recenter wetenschappelijk onderzoek laten zien dat hittestress ook het mentale functioneren vermindert. Van de onderzochte mentale functies bleek waakzaamheid de meest gevoelige te zijn voor hittestress. Een afname in waakzaamheid werd waargenomen bij temperaturen vanaf 27 °C WBGT, terwijl boven 23 °C WBGT het aantal onveilige handelingen toenam. Bovendien traden veranderingen in het mentale functioneren eerder op dan fysieke effecten.

Bestaande grenswaarden houden geen rekening met nadelige kortetermijneffecten van hittestress op het mentale functioneren. Hoewel er aanwijzingen zijn dat de door het NIOSH aanbevolen waarden bij lichte werkzaamheden mogelijk bescherming bieden tegen die effecten tot 28 °C WBGT.<sup>38</sup>

Met de automatisering van arbeidsprocessen en het verschuiven van fysiek werk naar meer mentaal belastend werk neemt volgens de commissie het belang van de nadelige mentale kortetermijneffecten van hittestress toe. Een verminderde waakzaamheid kan de veiligheid van de werknemer en die van anderen in gevaar brengen.

---

### 5.3 Personen met een verhoogd risico

Werknemers met aandoeningen aan het hart, het bloedvatenstelsel of de schildklier, en diabetici zijn gevoeliger voor hittestress, evenals niet-geacclimatiseerde personen, oudere werknemers, werknemers die medicijnen, als bijvoorbeeld diuretica, bètablokkers, antihistaminica of psychiatrische medicijnen gebruiken, werknemers die alcohol of drugs gebruiken, zwangere vrouwen en werknemers die bijvoorbeeld om religieuze redenen een periode vasten.<sup>17,18,27,61,62</sup>

---

### 5.4 Conclusies met betrekking tot grenswaarden

De referentiewaarden voor nadelige fysieke kortetermijneffecten van hittestress behoeven geen herziening

De Arboret en regelgeving omvat als onderdeel van een beleidsregel een serie referentiewaarden van NEN-ISO 7243:1989 (tabel 1) voor beroepsmatige hittestress. De referentiewaarden hebben geen wettelijke status. Zowel die referentiewaarden als de aanbevolen waarden van het NIOSH zijn gezondheidkundig onderbouwd en gebaseerd op het voorkomen van nadelige fysieke kortetermijneffecten van hittestress. De commissie is van mening dat er op dit moment geen nieuwe wetenschappelijke inzichten zijn met betrekking tot nadelige fysieke kortetermijneffecten van hittestress die aanleiding geven de bestaande, gezondheidkundige grenswaarden te herzien.

De referentiewaarden houden geen rekening met nadelige mentale kortetermijneffecten

In de onderbouwing van de NEN-ISO referentiewaarden of de door het NIOSH aanbevolen waarden is geen rekening gehouden met de nadelige kortetermijneffecten van hittestress op het mentale functioneren. De wetenschappelijke inzichten op dit moment lijken naar het oordeel van de commissie mogelijkheden te bieden voor concrete veiligheidkundige grenswaarden ten aanzien van die effecten van hittestress. Zij komt tot deze conclusie op basis van een drietal bevindingen: 1) nadelige mentale kortetermijneffecten vormen een risico voor de eigen veiligheid en die van anderen, 2) nadelige mentale effecten zijn waargenomen bij WBGT-waarden die lager liggen dan die waarbij fysieke effecten optreden; en 3) er is sprake van een dosisresponsrelatie met de omgevingstemperatuur. De

commissie doet geen voorstel voor de hoogte van veiligheidskundige grenswaarden, aangezien dat buiten de adviesaanvraag valt.

Er zijn onvoldoende gegevens over langetermijneffecten van hittestress

Zowel de fysieke als de mentale langetermijneffecten van hittestress zijn nog onvoldoende onderzocht. De wetenschappelijke inzichten over langetermijneffecten zijn naar het oordeel van de commissie op dit moment ontoereikend als basis voor gezondheidskundige of veiligheidskundige grenswaarden.

---

# Literatuur

---

- 
- 1 National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a recommended standard... Occupational exposure to hot environments. Revised criteria 1986.1986: 86-113.
  - 2 American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Heat stress and strain. Documentation of the TLVs and BEIs with other worldwide occupational exposure values CD-ROM-2002, 1-34. 2001.
  - 3 Arbeidsomstandighedenbesluit. [www.arbo.nl/wet-regelgeving/](http://www.arbo.nl/wet-regelgeving/).
  - 4 Arbobeidsregels. [www.arbo.nl/wet-regelgeving/](http://www.arbo.nl/wet-regelgeving/).
  - 5 Arbeidsinspectie 2007. Long-term strategy of the Labour Inspectorate 2008-2011.
  - 6 NEN-ISO 7243: 1989. Nederlands Normalisatie-instituut; 1989.
  - 7 Van Dale Groot Woordenboek der Nederlandse Taal, versie 1.3 plus. Van Dale Lexicografie BV, Utrecht/Antwerpen; 2003.
  - 8 American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Heat stress and strain. Documentation of the TLVs and BEIs with other worldwide occupational exposure values CD-ROM-2007, 1-36. 2007.
  - 9 Taylor NA. Challenges to temperature regulation when working in hot environments. *Ind Health* 2006; 44(3): 331-344.
  - 10 Hancock PA, Vasmatazidis I. Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge. *Int J Hyperthermia* 2003; 19(3): 355-372.
  - 11 Nielsen B, Nybo L. Cerebral changes during exercise in the heat. *Sports Med* 2003; 33(1): 1-11.
  - 12 Daanen HA, van Es EM, de Graaf JL. Heat strain and gross efficiency during endurance exercise after lower, upper, or whole body precooling in the heat. *Int J Sports Med* 2006; 27(5): 379-388.
-

- 13 FNV Bondgenoten. Gezond werk, goed geregeld. Facsheet klimaat: temperatuur, tocht, ventilatie.  
www.arbobondgenoten.nl/redarbowet/factsheets/factsheet\_klimaat.pdf
- 14 Occupational Safety & Health Administration. OSHA Technical Manual Section III: Chapter 4.  
www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\_iii/otm\_iii\_4.html
- 15 World Health Organization. Health factors involved in working under conditions of heat stress.  
Report of a WHO Scientific Group. World Health Organ Tech Rep Ser 1969; 412: 1-32.
- 16 Weller AS, Linnane DM, Jonkman AG, Daanen HA. Quantification of the decay and re-induction of  
heat acclimation in dry-heat following 12 and 26 days without exposure to heat stress. Eur J Appl  
Physiol 2007; 102(1): 57-66.
- 17 Ho CW, Beard JL, Farrell PA, Minson CT, Kenney WL. Age, fitness, and regional blood flow during  
exercise in the heat. J Appl Physiol 1997; 82(4): 1126-1135.
- 18 Kenney WL. A review of comparative responses of men and women to heat stress. Environ Res  
1985; 37(1): 1-11.
- 19 American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs. 2008.
- 20 Parsons KC. International standards for the assessment of the risk of thermal strain on clothed  
workers in hot environments. Ann Occup Hyg 1999; 43(5): 297-308.
- 21 Epstein Y, Moran DS. Thermal comfort and the heat stress indices. Ind Health 2006; 44(3): 388-398.
- 22 Lind AR. A physiological criterion for setting thermal environmental limits for everyday work. J  
Appl Physiol 1963; 18: 51-56.
- 23 Lind AR. Physiological effects of continuous or intermittent work in the heat. J Appl Physiol 1963;  
18: 57-60.
- 24 Wyndham CH, Heyns AJ. The probability of heat stroke developing at different levels of heat stress.  
Arch Sci Physiol (Paris) 1973; 27(4): 545-562.
- 25 Hancock PA, Ross JM, Szalma JL. A meta-analysis of performance response under thermal stressors.  
Hum Factors 2007; 49(5): 851-877.
- 26 Yeo TP. Heat stroke: a comprehensive review. AACN Clin Issues 2004; 15(2): 280-293.
- 27 Bonauto D, Anderson R, Rauser E, Burke B. Occupational heat illness in Washington State, 1995-  
2005. Am J Ind Med 2007; 50(12): 940-950.
- 28 Chen ML, Chen CJ, Yeh WY, Huang JW, Mao IF. Heat stress evaluation and worker fatigue in a steel  
plant. AIHA J (Fairfax, Va) 2003; 64(3): 352-359.
- 29 Brake DJ, Bates GP. Deep body core temperatures in industrial workers under thermal stress. J Occup  
Environ Med 2002; 44(2): 125-135.
- 30 WHO-FIC Collaborating Centre in the Netherlands R. ICF Nederlandse vertaling van de  
'International Classification of Functioning, Disability and Health'. 2002.
- 31 Ramsey JD, Burford CL, Beshir MY, Jensen C. Effects on workplace thermal conditions on safe  
work behavior. J Saf Res 1973; 14: 105-114.
- 32 Morabito M, Cecchi L, Crisci A, Modesti PA, Orlandini S. Relationship between work-related  
accidents and hot weather conditions in Tuscany (central Italy). Ind Health 2006; 44(3): 458-464.
-



- 33 Froom P, Caine Y, Shochat I, Ribak J. Heat stress and helicopter pilot errors. *J Occup Med* 1993; 35(7): 720-724.
- 34 Wyon DP, Wyon I, Norin F. Effects of moderate heat stress on driver vigilance in a moving vehicle. *Ergonomics* 1996; 39(1): 61-75.
- 35 Daanen HA, van d, V, Huang X. Driving performance in cold, warm, and thermoneutral environments. *Appl Ergon* 2003; 34(6): 597-602.
- 36 Faerevik H, Reinertsen RE. Effects of wearing aircrew protective clothing on physiological and cognitive responses under various ambient conditions. *Ergonomics* 2003; 46(8): 780-799.
- 37 Ramsey JD. Task performance in heat: a review. *Ergonomics* 1995; 38(1): 154-165.
- 38 Vasmatazidis I, Schlegel RE, Hancock PA. An investigation of heat stress effects on time-sharing performance. *Ergonomics* 2002; 45(3): 218-239.
- 39 Pilcher JJ, Nadler E, Busch C. Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics* 2002; 45(10): 682-698.
- 40 Kunst AE, Looman CW, Mackenbach JP. Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time-series analysis. *Am J Epidemiol* 1993; 137(3): 331-341.
- 41 Huynen MM, Martens P, Schram D, Weijnenberg MP, Kunst AE. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environ Health Perspect* 2001; 109(5): 463-470.
- 42 Huynen MMTE, de Hollander AEM, Martens P, Mackenbach JP. Mondiale milieuveranderingen en volksgezondheid: stand van de kennis. RIVM, Bilthoven. 2008.
- 43 Bonde JP, Storgaard L. How work-place conditions, environmental toxicants and lifestyle affect male reproductive function. *Int J Androl* 2002; 25(5): 262-268.
- 44 Sheiner EK, Sheiner E, Hammel RD, Potashnik G, Carel R. Effect of occupational exposures on male fertility: literature review. *Ind Health* 2003; 41(2): 55-62.
- 45 Paul C, Melton DW, Saunders PT. Do heat stress and deficits in DNA repair pathways have a negative impact on male fertility? *Mol Hum Reprod* 2008; 14(1): 1-8.
- 46 Thonneau P, Bujan L, Multigner L, Mieusset R. Occupational heat exposure and male fertility: a review. *Hum Reprod* 1998; 13(8): 2122-2125.
- 47 Rachootin P, Olsen J. The risk of infertility and delayed conception associated with exposures in the Danish workplace. *J Occup Med* 1983; 25(5): 394-402.
- 48 Health Council of the Netherlands. Occupational exposure to organic solvents: effects on human reproduction. 2008: 2008/11OSH.
- 49 Kjeldsen SE, Knudsen K, Ekrem G, Fure TO, Movinckel P, Erikssen JE. Is there an association between severe job strain, transient rise in blood pressure and increased mortality? *Blood Press* 2006; 15(2): 93-100.
- 50 Atan L, Andreoni C, Ortiz V, Silva EK, Pitta R, Atan F e.a. High kidney stone risk in men working in steel industry at hot temperatures. *Urology* 2005; 65(5): 858-861.
- 51 Borghi L, Meschi T, Amato F, Novarini A, Romanelli A, Cigala F. Hot occupation and nephrolithiasis. *J Urol* 1993; 150(6): 1757-1760.
-

- 52 Lawlor DA, Leon DA, Davey SG. The association of ambient outdoor temperature throughout pregnancy and offspring birthweight: findings from the Aberdeen Children of the 1950s cohort. *BJOG* 2005; 112(5): 647-657.
- 53 Judge CM, Chasan-Taber L, Gensburg L, Nasca PC, Marshall EG. Physical exposures during pregnancy and congenital cardiovascular malformations. *Paediatr Perinat Epidemiol* 2004; 18(5): 352-360.
- 54 Edwards MJ, Saunders RD, Shiota K. Effects of heat on embryos and foetuses. *Int J Hyperthermia* 2003; 19(3): 295-324.
- 55 Armstrong BK, Krickler A. The epidemiology of UV induced skin cancer. *J Photochem Photobiol B* 2001; 63(1-3): 8-18.
- 56 van der Leun JC, Piacentini RD, de Gruijl FR. Climate change and human skin cancer. *Photochem Photobiol Sci* 2008; 7(6): 730-733.
- 57 Armstrong RW, Imrey PB, Lye MS, Armstrong MJ, Yu MC, Sani S. Nasopharyngeal carcinoma in Malaysian Chinese: occupational exposures to particles, formaldehyde and heat. *Int J Epidemiol* 2000; 29(6): 991-998.
- 58 Kalkowsky B, Kampmann B. Physiological strain of miners at hot working places in German coal mines. *Ind Health* 2006; 44(3): 465-473.
- 59 Grandjean AC, Grandjean NR. Dehydration and cognitive performance. *J Am Coll Nutr* 2007; 26(5 Suppl): 549S-554S.
- 60 Lieberman HR. Hydration and cognition: a critical review and recommendations for future research. *J Am Coll Nutr* 2007; 26(5 Suppl): 555S-561S.
- 61 Schmahl FW, Metzler B. The health risks of occupational stress in islamic industrial workers during the Ramadan fasting period. *Pol J Occup Med Environ Health* 1991; 4(3): 219-228.
- 62 Vescovi PP, Coiro V. Hyperthermia and endorphins. *Biomed Pharmacother* 1993; 47(8): 301-304.
- 63 Logan PW, Bernard TE. Heat stress and strain in an aluminum smelter. *Am Ind Hyg Assoc J* 1999; 60(5): 659-665.
- 64 Vangelova K, Deyanov C, Velkova D, Ivanova M, Stanchev V. The effect of heat exposure on cortisol and catecholamine excretion rates in workers in glass manufacturing unit. *Cent Eur J Public Health* 2002; 10(4): 149-152.
- 65 Chad KE, Brown JM. Climatic stress in the workplace: its effect on thermoregulatory responses and muscle fatigue in female workers. *Appl Ergon* 1995; 26(1): 29-34.
- 66 Morioka I, Miyai N, Miyashita K. Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site. *Ind Health* 2006; 44(3): 474-480.
- 67 Bates GP, Miller VS. Sweat rate and sodium loss during work in the heat. *J Occup Med Toxicol* 2008; 3: 4.
-

- 
- A De adviesaanvraag
  - B De commissie
  - C Openbare commentaarronde
  - D Fysiologische effecten in arbeidssituaties
  - E Lijst met afkortingen

---

## Bijlagen



---

## De adviesaanvraag

---

In een brief gedateerd 10 juli 2007, kenmerk ARBO/A&V/2007/22676, schreef de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid aan de voorzitter van de Gezondheidsraad:

Op 26 september 2006 is tijdens de behandeling in de Tweede Kamer van het wetsvoorstel tot wijziging van de Arbeidsomstandighedenwet de motie van de leden Koopmans en Stuurman aanvaard<sup>1</sup>. In deze motie wordt de regering verzocht om met spoed een werkprogramma op te stellen om te komen tot gezondheids- en veiligheidkundige grenswaarden (concrete doelvoorschriften), waarover advies zal worden gevraagd aan de sociale partners.

In het debat in de Tweede Kamer heeft de voormalige Staatssecretaris van Sociale Zaken en Werkgelegenheid naar aanleiding van deze motie aangegeven dat het niet de bedoeling is een ongebreidelde hoeveelheid wetenschappelijke grenswaarden rondom allerlei arbeidsrisico's op te nemen in de Arbeidsomstandighedenwet. Daarmee wordt namelijk de essentie uit deze wet gehaald. Dit is niet conform het ingezette beleid om maatwerk in ondernemingen en sectoren te stimuleren, regeldruk te reduceren en de nationale kop te verkleinen. Tijdens het debat hebben de indieners van de motie bevestigd dat het niet de bedoeling is dat de motie leidt tot een ongebreidelde hoeveelheid nieuwe concrete doelvoorschriften in wet- en regelgeving, maar dat de motie betrekking heeft op het begeleiden, faciliteren en inperken aan de hand van hetgeen de regering in een werkprogramma vastlegt.

Bij brief van 18 januari 2007 aan de Tweede Kamer over de stand van zaken Arbeidsomstandighedenwet is een voorstel gedaan voor nadere uitwerking van de motie. De Tweede Kamer heeft tijdens

---

het Algemeen Overleg van 7 februari 2007 geen opmerkingen gemaakt bij deze uitwerking. Wel gaf de Kamer aan geïnformeerd te willen worden over de verschillende fasen die in de uitwerking zijn geschetst:

- bij een onafhankelijk wetenschappelijk instituut zal een commissie worden ingesteld die het wetenschappelijke arbeidsomstandighedenterrein kan overzien.
- deze commissie signaleert periodiek of er nieuwe (internationale) wetenschappelijke inzichten zijn met betrekking tot concrete gezondheidskundige en/of veiligheidskundige grenswaarden.
- op basis van de uitkomsten van dit signaleringsrapport kan het Ministerie van SZW, als daar aanleiding toe is, nader wetenschappelijk onderzoek naar gezondheidskundige en/of veiligheidskundige grenswaarden entameren.
- het Ministerie van SZW weegt vervolgens of het noodzakelijk en gewenst is om een grenswaarde (concreet doelvoorschrift) op te nemen in de Arbowet- en regelgeving. Hierbij zal het departement gebruik maken het gestelde in de Memorie van Toelichting bij de Arbowet. In de Memorie is opgenomen dat wetenschappelijke grenswaarden worden opgenomen in de wet- en regelgeving als ze algemeen erkend zijn, een breed draagvlak hebben in de maatschappij en algemeen toepasbaar zijn.
- het Ministerie van SZW legt haar weging om een grenswaarde al dan niet op te nemen in de Arbowet- en regelgeving vervolgens voor aan de Sociaal-Economische Raad (SER) voor advies.
- op basis van het advies van de SER wordt een beslissing genomen om de grenswaarde daadwerkelijk op te nemen in de Arbowet- en regelgeving.

Overeenkomstig het gestelde in de motie heeft met sociale partners overleg plaatsgevonden. Van belang is dat de evaluatie van de herziening van de Arbeidsomstandighedenwet binnen vijf jaar na de inwerkingtreding van de wetswijziging, dat is vóór 1 januari 2012, naar de Tweede Kamer wordt gezonden. Deze evaluatie zal een verslag bevatten over de doeltreffendheid en de effecten van de Arbeidsomstandighedenwet in de praktijk.

Op 21 februari 2007 heeft er met u overleg plaatsgevonden over onder meer de mogelijkheid van een door de Gezondheidsraad in te stellen commissie, waarin deskundigen op het gebied van arbeidsomstandigheden, gezondheid, veiligheid en beroepsziekten zitting zullen nemen. De Gezondheidsraad heeft aangegeven positief te staan tegenover de instelling van een dergelijke commissie. Ik verzoek u dan ook een commissie in te stellen die het wetenschappelijke arbeidsomstandighedenterrein kan overzien en zich zal richten op de volgende onderwerpen:

- 1 Het periodiek signaleren of er *op dit moment* nieuwe (internationale) wetenschappelijke inzichten zijn met betrekking tot concrete gezondheidskundige en/of veiligheidskundige grenswaarden.
  - 2 Het periodiek signaleren of er *op termijn* nieuwe (internationale) wetenschappelijke inzichten zullen zijn met betrekking tot concrete gezondheidskundige en/of veiligheidskundige grenswaarden.
-

Hierbij zal het zwaartepunt liggen op onderdeel 1; de periodieke signalering van huidige nieuwe (internationale) wetenschappelijke inzichten op het gebied van concrete gezondheidskundige en/of veiligheidskundige grenswaarden. In eerste instantie betreft het een signalering op basis van de arbeidsomstandighedenrisico's die in de Arbowet- en regelgeving zijn opgenomen. Mogelijk kunnen hier in een later stadium nieuwe risico's aan worden toegevoegd.

Ik verzoek u te beginnen met het instellen van de commissie en het maken van een Plan van aanpak dat betrekking heeft op de periode 2007 tot 2012. Hierin zullen de bovenstaande onderwerpen en een begroting opgenomen dienen te worden. Graag zie ik het Plan van aanpak voor 1 september aanstaande tegemoet. Het door de Gezondheidsraad opgestelde Plan van aanpak behoeft goedkeuring van het Ministerie van SZW.

Ten aanzien van deze periodieke signalering acht ik het van belang dat er jaarlijks wordt gerapporteerd. Ik zou het dan ook op prijs stellen het eerste jaarlijkse signaleringsrapport voor het eind van 2007 van u te ontvangen.

Hoogachtend,  
de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid,  
w.g. J.P.H. Donner





---

## De commissie

- 
- prof. dr. ir. T. Smid, *voorzitter*  
bijzonder hoogleraar Arbeidsomstandigheden, VUmc, Amsterdam en  
adviseur arbeidsomstandigheden, KLM Health Services, Schiphol-Oost
  - prof. dr. A.J. van der Beek  
hoogleraar Epidemiologie van arbeid en gezondheid, EMGO instituut,  
VUmc, Amsterdam
  - dr. ir. A. Burdorf  
universitair hoofddocent Arbeidsepidemiologie, Erasmus MC, Rotterdam
  - prof. dr. M.H.W. Frings-Dresen  
hoogleraar Beroepsziekten, Coronel Instituut voor Arbeid en Gezondheid,  
AMC, Amsterdam
  - prof. dr. ir. D.J.J. Heederik  
hoogleraar Gezondheidsrisicoanalyse, Institute for Risk Assessment  
Sciences, Utrecht
  - prof. dr. J.J.L. van der Klink  
hoogleraar Sociale geneeskunde arbeid en gezondheid, UMC, Groningen
  - prof. dr. W.R.F. Notten  
hoogleraar Kennismanagement innovatie in de gezondheidszorg, Erasmus  
MC, Rotterdam
  - drs. R.M. Roodenburg, *adviseur*  
Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Den Haag
-

- dr. T. Spee  
beleidsadviseur Arbeidshygiëne, Stichting Arbouw, Amsterdam
- J. van der Wal  
hoofd Veiligheid, Shell Europa Exploratie en Productie, Nederlandse Aardolie Maatschappij, Assen
- dr. C.A. Bouwman, *secretaris*  
Gezondheidsraad, Den Haag
- dr. A.S.A.M. van der Burght, *secretaris*  
Gezondheidsraad, Den Haag

De commissie heeft prof. dr. H.A.M. Daanen, hoogleraar Thermofysiologie aan de VU te Amsterdam en tevens hoofd van de afdeling Menselijk Presteren bij TNO Technische menskunde te Soesterberg, geraadpleegd als extern deskundige.

### De Gezondheidsraad en belangen

Leden van Gezondheidsraadcommissies worden benoemd op persoonlijke titel, wegens hun bijzondere expertise inzake de te behandelen adviesvraag. Zij kunnen echter, dikwijls juist vanwege die expertise, ook belangen hebben. Dat behoeft op zich geen bezwaar te zijn voor het lidmaatschap van een Gezondheidsraadcommissie. Openheid over mogelijke belangenconflicten is echter belangrijk, zowel naar de voorzitter en de overige leden van de commissie, als naar de voorzitter van de Gezondheidsraad. Bij de uitnodiging om tot de commissie toe te treden wordt daarom aan commissieleden gevraagd door middel van het invullen van een formulier inzicht te geven in de functies die zij bekleeden, en andere materiële en niet-materiële belangen die relevant kunnen zijn voor het werk van de commissie. Het is aan de voorzitter van de raad te oordelen of gemelde belangen reden zijn iemand niet te benoemen. Soms zal een adviseur-schap het dan mogelijk maken van de expertise van de betrokken deskundige gebruik te maken. Tijdens de installatievergadering vindt een bespreking plaats van de verklaringen die zijn verstrekt, opdat alle commissieleden van elkaars eventuele belangen op de hoogte zijn.

---

## **Openbare commentaarronde**

---

In september 2008 heeft de voorzitter van de Gezondheidsraad een concept van dit signalement uitgebracht voor een openbare commentaarronde. De volgende personen en instanties hebben op het conceptsignalement gereageerd:

- W. van Veelen, FNV Vakcentrale, Amsterdam
- J. Warning, FNV Bondgenoten, Utrecht
- Mw J. Waage, FNV Bouw, Woerden

De commissie heeft het commentaar betrokken in de afronding van haar signalement.



## Fysiologische effecten in arbeidssituaties

Tabel 3 Acute fysiologische effecten van beroepsmatige blootstelling aan hitte ten gevolge van klimatologische omstandigheden.

Industrie of beroepsgroep	Omschrijving populatie	Blootstelling	Effecten	Bijzonderheden	Ref
Bouwnijverheid (Japan)	12 mannen (38,1 ± 13,1 j)	Varieerde van 23 °C tot 34 °C WBGT gedurende de dag	Twee mannen significant verhoogde bloeddruk tijdens het werk; één man hartslagfrequentie hoger van 110 slagen/min; twee mannen verhoogde osmotische druk in het serum; geen verschillen in serum elektrolyten Na, K, Cl en BUN	Metingen van twee personen ontbreken.	Morioka <i>et al</i> , 2006 <sup>66</sup>
Diverse beroepen buitenlucht (Australië)	29 mannen (18 tot 50 j)	Zomer: 30-35 °C; winter: 15-20 °C Metingen verricht in klimaatkamer bij 35°C (29,3 °C WBGT) en 50% luchtvochtigheid	Zweetverlies: Zomer 7,8 mL/min, Winter 6,9 mL/min Natriumconcentratie in zweet: Zomer 44,7 mmol/L, Winter 63,8 mmol/L Natriumverlies per zomerdag: 4,8 tot 6 g.	Zweetverlies tussen personen varieerde van 0,1 tot 1,0 L per uur. Geen correlatie tussen zweetproductie en lichaamsbouw, fitheid of leeftijd.	Bates en Miller, 2006 <sup>67</sup>

Tabel 4 Acute fysiologische effecten van blootstelling aan hittegenererende bronnen op de werkplek.

Industrie of beroepsgroep	Omschrijving populatie	Blootstelling	Effecten	Bijzonderheden	Ref
Staalfabriek (Taiwan)	26 hoog blootgestelde (elektrische boog smelten) en 29 laag blootgestelde (metaal gieten) mannen Leeftijd: Hoog-blootgesteld 41,6 ± 7,4 j, Laag-blootgesteld 34,9 ± 6,4 j	Twee dagen gemeten Hoog-blootgesteld: WBGT 30, 0-33,2 °C; Laag-blootgesteld: WBGT 25,4-28, 7 °C	Hartslagfrequentie: Beiden groepen gemiddeld 73-74 slagen per min aan begin van werkdag en 77-78 aan einde van werkdag. Bloeddruk: in mm Hg Systole Hoog-blootgesteld: begin werkdag 129,1 ± 11,4, einde werkdag 126,1 ± 12,1 Laag-blootgesteld: begin 132,5 ± 11,4, einde 130,6 ± 11,2 Diastole Hoog: begin 83,0 ± 9,6, einde 82,7 ± 7,5 Laag: begin 84,2 ± 9,4, einde 85,3 ± 9,8 Lichaamskerntemperatuur continu gemeten bij één persoon Hoog: 36,95 ± 0,23; min-max 36,5-37,4 °C Laag: 37,14 ± 0,31; min-max 36,5-37,8 °C	Hoog-blootgestelde medewerkers rapporteerden meer subjectieve symptomen van hittestress	Chen <i>et al</i> , 2003 <sup>28</sup>
Aluminium-smelterij (Indiana, VS)	31 mannen werkzaam rond smeltpotten; leeftijd niet vermeld	Gedurende 4 weken in juli en augustus; 12 uurs rooster; gemiddelde dagtemperatuur 27,2 ± 0,2 °C, max 39 °C	Lichaamstemperatuur oraal gemeten: een enkele meting > 38 °C, 95% < 38,1 °C Hartslagfrequentie: 6 uur gemiddelde < 110 slagen/min, 95% ca. 125 slagen/min; 12 uur gemiddelde ca. 100 slagen/min, 95% ca. 112 slagen/min; herstel (na 1 min) gemiddelde 125 slagen/min, 95% > 160 slagen per min voor aantal onderdelen van het werkproces.	Hoogste hittebelasting bij plaatsen van anodes. Geen dosisrespons-relatie tussen T <sub>oraal</sub> en WBGT °C (verschil t.o.v. TLV). Dosisrespons trend (p = 0,07) tussen herstelhartslag-frequentie en WBGT.	Logan en Bernard, 1999 <sup>63</sup>
Mijnbouw (Australië)	36 mannelijke mijnwerkers (35,4 ± 7,6 j), 6 mannelijke mijnwerkers met rooster kantoorfunctie als controle (leeftijd niet vermeld)	Gemiddelde WBGT over twee zomers ca. 31 °C (26-37); ≥ 10 uurs rooster	Gemiddelde maximale lichaamskerntemperatuur: mijnwerkers 38,3 °C (SD 0,4) controle 37,6 °C (SD 0,3); Max. temperatuurtoename per rooster: 1,4 °C (SD 0,5) Max. warmteopslag: 431 kJ (SD 163)	Circadiane variatie in kerntemperatuur 0,9 °C (SD 0,2). Gedurende periode van 30 jaar geen gevallen van hitteziekten geregistreerd.	Brake en Bates, 2002 <sup>29</sup>

Mijnbouw (Duitsland)	38 mannelijke mijnwerkers (34,3 ± 5,8 j)	Gemiddelde WBGT 29,1 °C (20,5-33,7); 125 roosters	Gemiddelde lichaamskerntemperatuur 37,7 °C (SD 0,4) Gemiddelde hartslagfrequentie 102,8 slagen/min (SD 23,9), voor 92 van 125 roosters gemiddelde > 150 slagen/min Gemiddeld zweetverlies per rooster 3436 g (SD 1240)	Dosisrespons- relatie tussen zweetverlies en WBGT. Geen relatie met kerntemperatuur en hartslagfrequentie.	Kalkowsky en Kampmann, 2006 <sup>58</sup>
Glasproductie (Bulgarije)	16 blootgestelde mannen (35,9 ± 11,3 j), 16 controles (39,5 ± 11,5 j); allen werkzaam in dezelfde afdeling met een gemiddelde werkbelasting	Zomermaanden; blootgesteld gemiddelde WBGT 36,9 °C (29,3-41,7); controle gemiddelde WBGT 31,4 °C (29,0-32,7)	Gemiddelde hartslagfrequentie: blootgesteld ca. 100 slagen/min, controle ca. 85 slagen/min. Hormoonconcentraties cortisol, adrenaline en noradrenaline in urine waren significanter hoger in blootgestelde groep.	Studie opzet en resultaten zijn summier beschreven.	Vangelova <i>et al</i> , 2002 <sup>64</sup>
Staannd tilwerk vs zittend typewerk	7 vrouwen zittend typewerk (20,7 ± 1,9 j), 7 vrouwen staand tilwerk (20,9 ± 1,4 j)	Metingen verricht in klimaatkamer, warm-vochtig: 30,2 °C WBGT en vochtigheid 74%, neutraal: 17,7 °C WBGT en vochtigheid 50%; Acht periodes van 15 min werken	Tilwerk: Hartslagfrequentie warm klimaat: 119,8 slagen/min (SD 20,5); neutraal: 94,5 slagen/min (SD 15,8) Kerntemperatuur warm: 38,0 °C (SD 0,3 °C); neutraal 37,6 °C (SD 0,3) Huidtemperatuur warm: 35,2 °C (SD 0,5); neutraal 31,2 °C (SD 0,6) Zweetverlies warm: 620 g (SD 99,2); neutraal 160 g (SD 72,1) Typewerk: Hartslagfrequentie warm: 90,9 slagen/min (SD 17,1); neutraal 73,1 slagen/min (SD 11,7) Kerntemperatuur warm: 37,7 °C (SD 0,2); neutraal: 37,2 °C (SD 0,3) Huidtemperatuur warm: 35,5 °C (SD 0,03); neutraal: 28,6 °C (SD 1,0) Zweetverlies warm: 262,9 g (SD 69,5); neutraal 148,6 g (SD 67,4) Spiervermoeidheid (EMG): Tilwerk: geen significante verschillen warm en neutraal klimaat Typewerk: significant meer vermoeid bij warm klimaat.		Chad en Brown, 1995 <sup>65</sup>





---

## Lijst met afkortingen

---

---

### Organisaties

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ISO	International Organization for Standardization
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
WHO	World Health Organization

---

### Overig

BUN	bloed-ureumstikstof
CET	corrected effective temperature
CI	betrouwbaarheidsinterval
EMG	elektromyogram
ET	effective temperature
FTE	full time equivalent
g	gram
j	jaar
L	liter
M	metabolisme
mmol	millimol
OR	odds ratio
RAL	Recommended Alert Limit

---

REL	Recommended Effect Limit
SD	standaarddeviatie
T	temperatuur
TLV	Threshold Limit Value
W	Watt
WBGT	wet bulb globe temperature