



# Thermofysiologie en werk

Zwaar fysiek werk in beschermende kleding in de hitte is thermisch gezien de grootste belasting die denkbaar is. Immers, tijdens fysiek werk wordt er veel warmte geproduceerd door de spieren en daarnaast wordt de warmteafgifte beperkt door kleding en de warme omgeving. Er rest slechts één uitweg: opslaan van warmte in het lichaam. Binnen een half uur kunnen er temperaturen in de kern van het lichaam bereikt worden die boven de 40°C liggen, waardoor het werk moet worden beëindigd en er gezondheidsrisico's optreden.

## Hein Daanen

Bij veel industriële processen komt warmte vrij, zoals in bakkerijen, de metaalverwerkende industrie en de wegenbouw. Mensen die werken in deze omstandigheden kunnen daarbij warmtelast ervaren. Deze warmtelast wordt groter naarmate de inspanning zwaarder is. In rust produceert een mens slechts 100 W aan warmtevermogen; bij zware inspanning kan dit oplopen tot ruim 1000 W. Als dit warmtevermogen niet kan worden afgegeven aan de omgeving door bijvoorbeeld verdamping van zweet, stijgt de lichaamstemperatuur en krijgen we last van warmtestress. Sterk bepalend voor de warmtestress is ook de kleding die wordt gedragen. In veel takken van industrie is het noodzakelijk dat de kleding beschermt tegen klimaat (straling, koude, neerslag) en/of stoffen, zoals olie. Als de kleding sterk isolerend is, wordt het lastiger de lichaamswarmte af te geven. Moet de kleding waterdicht zijn, dan wordt het verdampen van zweet sterk bemoeilijkt en bij zware inspanning wordt de kans op warmtestress dan nog groter.

Het risico dat het fout gaat met werken in de hitte neemt toe, omdat door klimaatveranderingen meer warmtepieken voorkomen, omdat stedelijke hitte zorgt voor extra belasting, omdat bij ontwikkeling van werkkleding bescherming vóór comfort gaat en omdat werknemers steeds minder bewegen buiten werktijd en daarmee hun belastbaarheid minder wordt. Ten slotte is het mogelijk dat in deze tijd van dure energie de airco zo minimaal mogelijk wordt gebruikt in de zomer, hetgeen tot warmtelast kan leiden van kantoorpersoneel.

In dit artikel wordt eerst de incidentie besproken van hitte-gerelateerde klachten op de werkplek. Daarna wordt kort ingegaan op de manieren die de mens heeft om de lichaamstemperatuur te reguleren en daarmee problemen te voorkomen. Het is niet alleen de omgevingstemperatuur die de belasting bepaalt, maar ook de zonnestraling, luchtvochtigheid en lucht-

verplaatsing. Deze worden samengenomen in de Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), een maat die kan aangeven wanneer werk toelaatbaar is en wanneer niet. Na de bespreking van de WBGT worden de manieren om de warmtelast te reduceren in kaart gebracht, met bijzondere aandacht voor acclimatisatie. Het artikel wordt afgesloten met het wettelijk kader.

## Incidentie van hitte-gerelateerde klachten op de werkplek

Het is niet verwonderlijk dat in veel takken van industrie geklaagd wordt over warmteproblemen tijdens werk. FNV bondgenoten heeft op 18 juli 2013 een klachtenlijn geopend over werken in hitte en op 2 augustus 2013 waren er al 600 klachten gemeld. Een grote meerderheid (92%) van de arbeiders had last van fysieke klachten door het werken in de hitte. Die klachten bestonden voornamelijk uit concentratieverlies (75%) en jeuk en/of irritatie van de huid (33%). In nog eens 18% van de gevallen kregen mensen kramp in de spieren (hittekrampe). Achtenveertig mensen meldden dat ze waren flauwgevallen en 15 mensen gaven aan dat ze een hitteberoerte hadden gekregen en/of een combinatie van klachten, waardoor ziekenhuisopname nodig was. Overige klachten betroffen met name hoofdpijn en migraine, duizeligheid, benauwdheid en overmatig transpireren, omdat 'gedwongen werd te werken in polyester kleding'.

Uit een recente meta-analyse waarin tienduizenden werknemers zijn meegenomen, bleek dat 35% van de werknemers in de warmte last had van hittestress en 30% minder productief was dan onder normale omstandigheden (Flouris et al., 2018). Ongeveer 15% van de werknemers gaf aan nierziekten of nierschade te hebben opgelopen. Door overmatig zweten en te weinig drinken kan uitdroging optreden waardoor de nieren onvoldoende worden doorbloed en dit kan tot schade leiden (Bogerd & Daanen, 2011).

In een onderzoek van Broersen e.a. (1991) had gemiddeld over alle onderzochte beroepsgroepen 19% van de mannen en 15% van de vrouwen klachten over warmte. Een hoog risico op problemen in de hitte wordt gevonden bij bouwvakkers. In de VS is 6% van de beroepsbevolking werkzaam in de bouw, maar toch wordt in de bouwsector 36% van de hitte-gerelateerde sterfgevallen geregistreerd (Dong et al., 2019).

### Thermoregulatie

Om in de hitte de lichaamstemperatuur niet te ver op te laten lopen, zal de mens in eerste instantie de warmteafgifte vergroten. Dit gebeurt door verminderde activatie van het sympathisch systeem waardoor de bloedvaten in de huid meer open gaan staan. Het warme bloed in de huid voert dan de lichaamswarmte naar de buitenwereld af. Als dit onvoldoende is, wordt zweet geproduceerd. De verdamping van zweet onttrekt warmte aan het lichaam. Let wel: afdruipen is niet effectief, verdampen wel! Daarnaast gaat de mens de warmteproductie terugbrengen door minder hard te werken.

De warmtebelasting wordt niet alleen bepaald door de omgevingstemperatuur. Als er een hoge luchtvochtigheid is, kan het zweet moeilijk verdampen en wordt de belasting hoger. Zonnestraling wordt in de huid omgezet naar warmte en vergroot de belasting. Wind, ten slotte, zorgt voor verkoeling als de temperatuur van de lucht lager is dan de huidtemperatuur van de mens. Echter, als de omgevingstemperatuur warmer is dan de huidtemperatuur, kan deze de warmtebelasting voor mensen die weinig zweten juist verhogen.

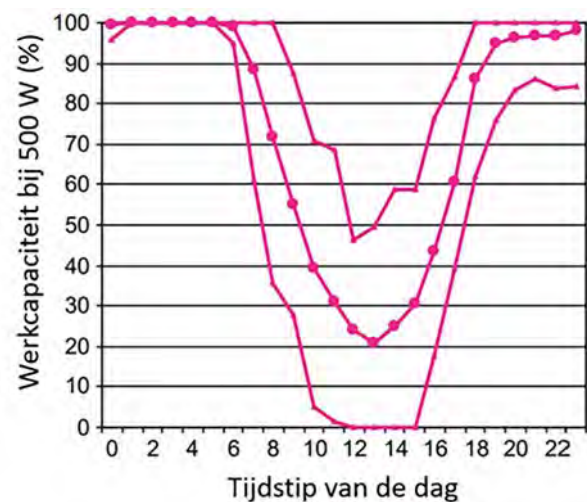
### Wet Bulb Globe Temperature

Om met één maat de thermische belasting van de mens aan te geven, zijn verschillende indices ontwikkeld. Een van de meest gebruikte, die bovendien goed in norm NEN-ISO 7243 is vastgelegd, is de Wet Bulb Globe Temperature (WBGT). Het bijbehorende meetinstrument bestaat uit drie thermometers: een gewone, eentje in een zwarte bol en eentje in een nat katoenen kousje (natte bol). Door 0,7 keer de natte bol te nemen plus 0,2 keer de zwarte bol plus 0,1 keer de normale, krijg je de WBGT. Overigens kan de WBGT ook uit temperatuur-, wind-, straling- en vochtigheidsdata van het KNMI berekend worden.

In tabel 1 staan de limieten genoemd voor werknemers in de hitte voor verschillende werkbelastingen en voor de situatie of men al dan niet aan hitte is aangepast. Deze grenswaarden komen ook uit norm NEN-ISO 7243.

Als de limietwaarde is overschreden, kan men meer de diepte ingaan door gebruik te maken van thermische modellen. Zie hiervoor het artikel van Boris Kingma in dit dossier.

Bij werk in de hitte stijgt het metabolisme bij een vaste taak. De stijging van het metabolisme ten opzicht van een koude omgeving is respectievelijk 5, 7 en 16% bij omgevingen van 35°C temperatuur/50% vochtigheid; 40°C/50% en 40°C/70% (Smallcombe et al., 2022). Het daarmee gepaard gaande productiviteitsverlies is ongeveer 2,6% voor elke graad warmer dan 24°C WBGT (Flouris et al., 2018). In sommige delen van de wereld, zoals in India, kan de WBGT op het warmst van de dag buiten tot boven de 30°C stijgen. Dan wordt het vrijwel onmogelijk om zwaar werk te verrichten. In figuur 1 staat de werkcapaciteit uitgezet tegen het uur van de dag voor de situatie in New Delhi (Kjellstrom et al., 2009). Het kan in New Delhi dan ook niet anders dan dat het werk wordt verplaatst naar koelere momenten van de dag.



Figuur 1. Werkcapaciteit bij zeer zwaar werk (metabolisme 500 W) uitgezet tegen het tijdstip voor de dag voor New Delhi. Op het heetst van de dag is de WBGT net boven de 30°C. De bovenste en onderste lijn geven het 95e en 5e percentiel aan (Kjellstrom et al., 2009).

Tabel 1. Wet-Bulb Globe Temperature-limieten in °C voor werk in de hitte.

Werkintensiteit	Metabolisme (W)	WBGT-limiet geacclimatiseerd (°C)	WBGT-limiet niet-geacclimatiseerd (°C)
Rust	115	33	32
Laag	180	30	29
Gemiddeld	300	28	26
Hoog	415	26	23
Erg hoog	520	25	20

# Dossier: Hittestress op de werkvloer

Voor Nederland zijn de gegevens en voorspellingen van WBGT online te zien (<https://www.climatechip.org/>). Figuur 2 geeft de situatie weer voor de regio Eindhoven geschat met een model van de meteodienst in het Verenigd Koninkrijk.

De WBGT-limiet zal naar schatting in 2050 ook in Nederland worden overschreden bij werk met hoge intensiteit, ook bij mensen die aan hitte zijn geacclimatiseerd.

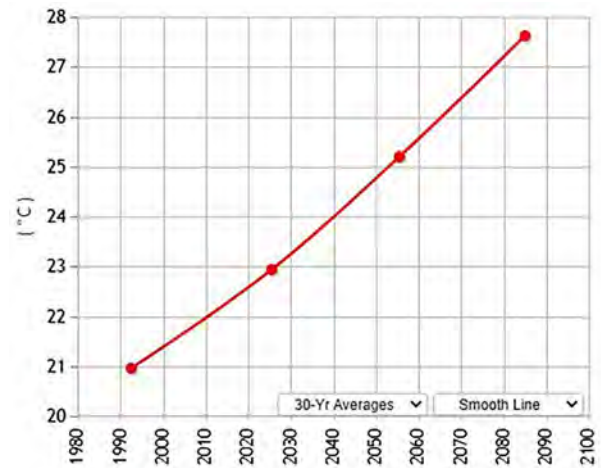
## Reductie hittebelasting

De eerste maatregel die genomen kan worden om de hittebelasting te verminderen is de bron af te schermen (Daanen & Van de Steeg, 2023). Bij hoge luchttemperaturen moet geprobeerd worden de bron van de warmte af te schermen of te isoleren. Ga na of relatieve koude lucht kan worden ingeblazen. Wanneer er een hoge luchtvochtigheid is, kan de bron van het vocht wellicht afgeschermd worden door bijvoorbeeld een machine naar een andere ruimte te verplaatsen, het vocht af te zuigen, luchtverversing mogelijk te maken of een verhoging van de luchtbeweging tot stand te brengen. Hoge stralingsintensiteit kan worden verminderd door de bron wederom af te schermen of te isoleren. Speciale reflecterende kleding alsmede doorkijkschermen (wanneer het product wel zichtbaar moet zijn) helpen eveneens de stralingsbelasting te verminderen.

Het *inspanningsniveau* bepaalt de warmtebelasting van werknemers in sterke mate. Het is de kunst de werkbelasting zo te kiezen dat de medewerkers in thermisch evenwicht blijven. Dit kan door het verlagen van het werktempo, van de snelheid van de bewegingen en door houdingsaanpassingen, maar ook door het toepassen van werk-rustschema's, waarbij tussen blootstellingen telkens voldoende rust (liefst in een koele omgeving) genomen wordt. Werknemers de mogelijkheid geven om zelf het werktempo te bepalen is de kern van hittemitigatie (Ioannou et al., 2021). Daarnaast zijn op maat gemaakte strategieën voor drinken, koelende kleding, arbeid-rust-tijden en mechanisatie van belang om de warmtebelasting te reduceren.

Zorg ook voor goede *instructie* aan de medewerkers over de mogelijke risico's van warmtebelasting, de symptomen, de eerste hulp en de maatregelen ter voorkoming van warmteziekten.

*Kleding* kan het lichaam beschermen tegen weersomstandigheden, maar kan ook zorgen voor extra belasting. In het geval van warmte is het verstandig soepele kleding te dragen met weinig isolatie en goede ventilatie (dit geldt niet in het geval van extreem hoge temperaturen zoals bij branden) en een goed waterdamptransport (zweet). Kleding met een reflecterende buitenlaag is aan te raden in omgevingen met extreme stralingsniveaus. Steeds



Figuur 2. Maximale WBGT-waarden in augustus voor de regio Eindhoven geschat met het UK Met Office model UKesm1-0-LL uitgezet tegen kalenderjaar.

meer wordt koelende kleding op de werkplek toegepast, bijvoorbeeld in grote bakkerijen. Er zijn systemen beschikbaar met waterkoeling, ventilatie van (gekoelde of gedroogde) lucht door een kledingspouw, ijsvesten en vesten die koelen op basis van perslucht. Welk systeem het meest geschikt is, hangt af van de werkplek, omstandigheden en persoon.

## Aanpassen aan hitte

Een fitte en aan hitte geacclimatiseerde werknemer is beter in staat om in de hitte te werken dan een werknemer die niet fit is en niet regelmatig aan hitte blootgesteld wordt. Dagelijkse blootstelling aan hitte zorgt ervoor dat het lichaam zich aan gaat passen aan de hitte. Een belangrijke aanpassing is een toename in vochtvolume in het lichaam (Periard et al., 2021). Daardoor wordt het hart minder belast en kan meer worden gezweet. Daarnaast wordt de doorbloeding naar de huid verbeterd, zodat warmte gemakkelijker van de lichaamskern naar de huid kan worden geleid. Ten slotte wordt elke dag de temperatuur in de kern van het lichaam een beetje lager in de ochtend, zodat je relatief koeler aan de inspanning begint. Een effectieve acclimatisatie wordt verkregen als je ten minste één uur per dag met een lichaamstemperatuur van rond de 38,5°C werkt (Periard et al., 2021).

## Wettelijk kader

De Arbwet is in 1980 tot stand gekomen, werd vanaf 1983 in verschillende stappen ingevoerd in Nederland en is sindsdien regelmatig aangepast. Deze wet is opgebouwd uit een aantal niveaus. Op het hoogste niveau staat de Arbeidsomstandighedenwet. Dit is een raamwet waarin weinig harde bepalingen zijn opgenomen. In de Arbwet gaat het voornamelijk over de rechten en plichten van de verschillende groeperingen die we op Arboterrein aantreffen: werkgevers, werknemers, arbodiensten, bedrijfs-hulpverleners en overheid (Arbeidsinspectie). Het

niveau daaronder is het Arbobesluit. Dit geldt ook als wetgeving. Het bevat meer gedetailleerde voorschriften over concrete arbo-onderwerpen, zoals gevaarlijke stoffen, beeldschermwerk, daglicht, lawaai, enzovoort. Voor hitte is er één artikel:

#### Artikel 6.1 Temperatuur

1. *Rekening houdend met de aard van de werkzaamheden die door de werknemers worden 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 frequentie 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.*

De Arbowet verwees oorspronkelijk naar twee hoofdnormen omtrent hitte: een norm over de maximale hitte die men kan verdragen (WBGT-norm, NEN-ISO 7243) en een norm gebaseerd op het maximaal zweetvermogen van de mens (IREQ, NEN-ISO 7933). Echter, na de eeuwwisseling sneuvelden deze verwijzingen naar normen onder maatschappelijke druk om de Arbowet te vereenvoudigen. Om in de leemte te voorzien, heeft de Gezondheidsraad een advies uitgebracht getiteld 'Hittestress op de werkplek' dat op 24 november 2008 aan de minister van SZW is aangeboden (<https://www.gezondheidsraad.nl/documenten/adviezen/2008/11/24/hittestress-op-de-werkplek>). In dit advies wordt aanbevolen aandacht te besteden aan nadelige kortetermijneffecten van hittestress op mentaal functioneren en de fysieke en mentale nadelige langetermijneffecten van hittestress. De aanbevelingen zijn voor zover bekend niet door de overheid overgenomen en uitgevoerd.

Samenvattend is er dus op dit moment nauwelijks wet- en regelgeving over hitte, en zijn de adviezen van de Gezondheidsraad om lacunes in kennis en wetgeving weg te werken niet overgenomen. De overheid verwijst vaak naar de zogenoemde Arbo-catalogi. Deze afspraken op sectorniveau zijn echter van wisselende kwaliteit en bevatten meestal geen onderdeel over hitte.

#### Conclusie

Concluderend blijkt uit onderzoek dat hittebelasting op veel werkplekken voorkomt, tot klachten leidt en zelfs tot nierschade. Met de WBGT-norm kan een

indruk worden verkregen over de mate van hittebelasting en of grenswaarden worden overschreden. De mogelijkheden om de hittebelasting te reduceren zijn beperkt; het werktempo terugbrengen lijkt het belangrijkste. Een goede conditie en acclimatisatie aan hitte helpen. De overheid hanteert nauwelijks regels over werken in de hitte, hier zou meer aandacht voor moeten komen, zeker nu thermische extremen in Nederland toenemen.

#### Referenties

- Broersen, J.P.J., Weel, A.N.H., van Dijk, F.J.H. (1991). Atlas Gezondheid en Werkbeleving naar Beroep. Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden. Amsterdam.
- Bogerd, C.P., & Daanen, H.A.M. (2011). Physiological effects after exposure to heat: a brief literature review. *Annals of Kinesiology*, 2, 14-23.
- Daanen, H.A.M., & Van de Steeg, M. (2023). Warmte- en koudebelasting. In M. Geertshuis (Ed.), *Praktijkboek Arbeidsveiligheid 2023*. Uitgeverij Vakmedianet.
- Dong, X.S., West, G.H., Holloway-Beth, A., Wang, X., & Sokas, R.K. (2019). Heat-related deaths among construction workers in the United States. *Am J Ind Med*, 62(12), 1047-1057. <https://doi.org/10.1002/ajim.23024>.
- Flouris, A.D., Dinas, P.C., Ioannou, L.G., Nybo, L., Havenith, G., Kenny, G.P., & Kjellstrom, T. (2018). Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health*, 2(12), e521-e531. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30237-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30237-7).
- Ioannou, L.G., Mantzios, K., Tsoutsoubi, L., Nintou, E., Vliora, M., Gkiata, P., Dallas, C.N., Gkikas, G., Agaliotis, G., Sfakianakis, K., Kapnia, A.K., Testa, D.J., Amorim, T., Dinas, P.C., Mayor, T.S., Gao, C., Nybo, L., & Flouris, A.D. (2021). Occupational Heat Stress: Multi-Country Observations and Interventions. *Int J Environ Res Public Health*, 18(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph18126303>.
- Kjellstrom, T., Holmer, I., & Lemke, B. (2009). Workplace heat stress, health and productivity—an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change [Article]. *Global Health Action*, 2(1), Article 2047. <https://doi.org/10.3402/gha.v2i0.2047>.
- Periard, J.D., Eijssvogels, T.M.H., & Daanen, H.A.M. (2021). Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiol Rev*, 101(4), 1873-1979. <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2020>.
- Smallcombe, J.W., Foster, J., Hodder, S.G., Jay, O., Flouris, A.D., & Havenith, G. (2022). Quantifying the impact of heat on human physical work capacity; part IV: interactions between work duration and heat stress severity. *Int J Biometeorol*, 66(12), 2463-2476. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02370-7>.

---

#### Over de auteur



Prof. dr. H.A.M. Daanen  
Professor (environmental) exercise  
physiology  
Afdeling Bewegingswetenschappen  
Vrije Universiteit Amsterdam