



# Hittestress op de werkplek: Comfort als meetbare veiligheidsfactor heroverwegen

---

Hoe nieuwe gegevens, testmethoden en  
evoluerende normen de manier veranderen  
waarop PBM's worden geëvalueerd

[tyvek.nl/apx](https://tyvek.nl/apx)



# Inleiding

**“Hittestress is niet langer een comfortkwestie - het is een groeiend veiligheidsrisico.”**

*aldus Chloé Caux-Wetherell,  
EMEA-marketingmanager bij  
DuPont Personal Protection.*



Hittestress is een groeiend risico op de werkplek. Stijgende temperaturen wereldwijd, vaker voorkomende hittegolven en fysiek veeleisende omgevingen betekenen dat werknemers tijdens hun dagelijkse werkzaamheden steeds vaker worden blootgesteld aan buitensporige hitte. In heel Europa zegt een aanzienlijk deel van de werknemers nu in omstandigheden met hoge temperaturen te werken, waaruit blijkt dat dit niet langer een nichekwestie is, maar een wijdverbreid veiligheidsprobleem<sup>1</sup>.

Regelgevende instanties en gezondheidsdeskundigen leggen ook steeds meer nadruk op het welzijn van werknemers. Verschillende landen zijn bezig met het implementeren van verordeningen en het onderbouwen van claims over comfort met gegevens neemt toe.

Hittestress veroorzaakt niet alleen ongemak, maar heeft ook ernstigere gevolgen. Als het lichaam moeite heeft om zijn temperatuur te regelen, neemt de fysieke belasting toe, neemt de concentratie af en wordt de besluitvorming belemmerd. In omgevingen waar veiligheid van cruciaal belang is, kan dit leiden tot fouten en het niet naleven van voorschriften. Werknemers kunnen zelfs comfort boven veiligheid verkiezen door onveilige kleding te dragen, wat een groot veiligheidsrisico met zich meebrengt<sup>2</sup>.

Voor gezondheids- en veiligheidsprofessionals vormt dit een complexe uitdaging: hoe werknemers te beschermen tegen gevaarlijke blootstellingen en tegelijkertijd de fysiologische risico's van hitte te beheersen.

Hittestressbeheer richt zich momenteel op omgevingscontroles en werkpraktijken, in plaats van op persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM). Wat werknemers dragen kan echter van grote invloed zijn op hoe hun lichaam reageert op hitte<sup>3</sup>.

In deze e-gids wordt uitgelegd uit hoe comfort, wanneer het wetenschappelijk wordt behandeld als een meetbare factor, een krachtig hulpmiddel wordt voor de ontwikkeling en evaluatie van beschermende kleding die zowel de veiligheid als de prestaties kan verbeteren.

1. Europees Agentschap voor veiligheid en gezondheid op het werk (European Agency for Safety and Health at Work, EU-OSHA). Hitte op het werk: ziektepreventie en bescherming van werknemers.

<https://osha.europa.eu/en/highlights/heat-work-preventing-illness-and-protecting-workers>

2. Kjellstrom, T. et al. (2016). Impact of heat on labour productivity and occupational health and safety <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20007118/>

3. Nationaal instituut voor veiligheid en gezondheid op het werk (National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH). PBM Hittebelasting. <https://www.cdc.gov/niosh/heat-stress/recommendations/ppe.html>

# Inhoud



# 1. Wat is hittestress en waarom heeft het invloed op de veiligheid?

*Aldjia Begriche, Global Technical Manager bij DuPont Personal Protection, zegt:*

**“Hittestress maakt het werk niet alleen onaangenaamer, het ondermijnt ook het vermogen om veilig te werken.”**



Hittestress treedt op wanneer het lichaam niet in staat is om een stabiele interne temperatuur te handhaven. Onder normale omstandigheden reguleert het lichaam hitte door een combinatie van zweten en verdamping. Als zweet van de huid verdampt, wordt hitte afgevoerd en blijft de lichaamstemperatuur binnen een veilig bereik.

In warme omgevingen, of bij het dragen van beschermende kleding die warmteafvoer beperkt, wordt dit natuurlijke koelproces echter minder effectief. Hitte begint zich op te bouwen in het lichaam, waardoor de fysiologische belasting toeneemt. De kerntemperatuur stijgt, de hartslag versnelt en de uitdroging kan beginnen<sup>4</sup>. Na verloop van tijd kan dit leiden tot hitte-uitputting of ernstigere hittegerelateerde ziekten.

Cruciaal is dat de effecten niet beperkt blijven tot fysiek ongemak. Hittestress heeft een directe invloed op cognitieve prestaties. Onderzoeken tonen aan dat werknemers die worden blootgesteld aan grote hitte last hebben van verminderde concentratie, tragere reactietijden en minder goede besluitvorming. Hittestress wordt ook in verband gebracht met een lagere productiviteit en een grotere kans op fouten en incidenten<sup>5</sup>.

In omgevingen met een hoog risico vormt dit een ernstig veiligheidsrisico. Hittestress maakt het werk niet alleen zwaarder, maar ook minder veilig.

## **Hittestress herkennen - 5 belangrijke symptomen**

- ✓ Duizeligheid of verwardheid
- ✓ Overmatig zweten (of gebrek aan zweten)
- ✓ Vermoeidheid of zwakte
- ✓ Misselijkheid
- ✓ Verhoogde hartslag

**Wat te doen:** Stop onmiddellijk met het werk, ga naar een koelere ruimte, hydrateer en verwijder indien nodig veilig de persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM). Zoek medische hulp als de symptomen aanhouden.

<sup>4</sup>. Health and Safety Executive (HSE). Symptoms of heat stress.

<https://www.hse.gov.uk/temperature/employer/heat-stress.htm#symptoms>

<sup>5</sup>. Kjellstrom, T. et al. (2016). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20007118/>

## 2. PBM's: Deel van het probleem - en de oplossing

**“Wanneer persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) als te warm of te beperkend worden ervaren, geven werknemers mogelijk de voorkeur aan comfort boven bescherming, wat een ernstig veiligheidsrisico met zich meebrengt.”**

*zegt Aldjia Begriche*

Op de werkplek wordt hittestress meestal beheerst door omgevings- en gedragsmaatregelen: ploegendiensten aanpassen, meer rustpauzes inlassen of hydratatie aanmoedigen. Hoewel deze maatregelen belangrijk zijn, pakken ze vooral de symptomen aan in plaats van de onderliggende oorzaak.

Eén kritieke factor wordt vaak onderschat: de rol van persoonlijke beschermingsmiddelen. PBM's zijn essentieel om werknemers te beschermen tegen chemische, biologische en mechanische gevaren. Ze kunnen echter ook de thermische belasting verhogen. Beschermende kleding kan de luchtstroom belemmeren, vochtverdamping beperken en warmte dicht bij het lichaam vasthouden<sup>6</sup>. Als gevolg daarvan ervaren werknemers meer ongemak en fysiologische belasting. Dit kan ernstige gevolgen hebben. Als persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) als oncomfortabel worden ervaren, kunnen werknemers de draagtijd verkorten, de kleding verkeerd aanpassen of lagen verwijderen, waardoor de bescherming in gevaar komt en het risico toeneemt.

Het is tijd om opnieuw na te denken over hoe beschermende kleding wordt ontworpen en beoordeeld, vooral wat betreft ademend vermogen en vochtregulatie, zodat de kleding de thermoregulatie kan ondersteunen in plaats van belemmeren.

Juist hier is een meer wetenschappelijke, meetbare benadering van comfort essentieel.

6. NIOSH. <https://www.cdc.gov/niosh/heat-stress/recommendations/ppe.html>

### 3. Comfort meten in persoonlijke beschermingsmiddelen

**“Comfort is niet langer een kwestie van perceptie. Het is een meetbare prestatieparameter.”**

In het verleden werd het comfort van persoonlijke beschermingsmiddelen subjectief beoordeeld op basis van feedback van de drager zoals “te heet” of “oncomfortabel”. Hoewel deze feedback waardevol blijft, biedt het geen consistente of vergelijkbare basis voor het evalueren van de prestaties van persoonlijke beschermingsmiddelen.

Vooruitgang in de materiaalkunde en testmethodologieën bieden nieuwe mogelijkheden om comfort te kwantificeren aan de hand van objectieve meetmethoden. De industrie beweegt zich met name in de richting van het evalueren van hoe effectief een materiaal warmte- en vochtoverdracht ondersteunt, sleutelfactoren bij het handhaven van de thermische balans.

Regelgevende organisaties beginnen zich ook te richten op het beheersen en beoordelen van het risico op hittestress. In sommige regio's, waaronder EMEA, wordt in toenemende mate verwacht dat claims over comfort worden ondersteund door meetbare gegevens en erkende testnormen, zoals ISO 11092 (Textiel - Fysiologische effecten - Meting van warmte- en waterdampweerstand onder stabiele omstandigheden). Bij deze methode wordt het materiaal getest met behulp van een zwetende, afgeschermd verwarmde plaat. Voor de analyse van de Ret\*-waarde van een complete kledingcombinatie wordt een mensvormige thermische pop uitgerust met zweetsystemen, temperatuursensoren en/of warmtestromingssensoren. Op dit moment is ASTM F2370 (2016) de enige norm die het meten van de verdampingsweerstand van kleding met behulp van een zweetpop behandelt.

Dit stelt arboprofessionals in staat om het ademend vermogen van kledingstukken te vergelijken en beter geïnformeerde beslissingen te nemen. Met andere woorden, comfort evolueert van een subjectieve perceptie naar een meetbare prestatieparameter, die kan worden gespecificeerd, getest en gevalideerd.

\*Weerstand tegen verdampingswarmteoverdracht

## 4. Ademend vermogen in persoonlijke beschermingsmiddelen begrijpen

Ademend vermogen is een kritieke factor bij het beheersen van hittestress. In de context van beschermende kleding verwijst dit naar het vermogen van een materiaal om hitte en vocht, vooral waterdamp van zweet, te laten ontsnappen.

Als het ademend vermogen laag is, hoopt het zweet zich op de huid op en wordt de verdamping beperkt. Dit beperkt het vermogen van het lichaam om hitte af te voeren, waardoor thermische belasting en ongemak toenemen. Daarentegen ondersteunen materialen met een hoger ademend vermogen een efficiëntere vochtafvoer, wat helpt om de lichaamstemperatuur te reguleren en fysiologische stress te verminderen tijdens langdurig dragen.

Om objectieve vergelijking mogelijk te maken, wordt het ademend vermogen beoordeeld met behulp van gestandaardiseerde laboratoriummethoden. Een van de belangrijkste maatstaven is de waterdampweerstand (Ret), die aangeeft hoeveel weerstand een materiaal biedt tegen de doorgang van vochtdamp. In de industrie worden op Ret gebaseerde tests gebruikt om het ademend vermogen te classificeren of te vergelijken, waarbij materialen met een zeer lage weerstand worden aangemerkt als uiterst ademend. Dergelijke materialen bieden een zeer lage weerstand tegen vochtoverdracht, ondersteunen actief de thermoregulatie en helpen hittestress te verminderen.

Ret is fundamenteel verschillend van luchtdoorlatendheid; een materiaal kan lucht doorlaten en toch waterdamp vasthouden onder druk- en temperatuurgradiënten.<sup>7</sup>

**“Ademend vermogen bepaalt hoe effectief het lichaam hitte kan reguleren, waardoor het een kritieke factor is bij het beheersen van hittestress.”**

7. Adámek, K.; Havelka, A.; Kůs, Z.; Mazari, A. (2023) The Correlation between Air and Water Vapour Permeability of Textiles.

<https://doi.org/10.3390/coatings13010163>



#### 4. ADEMEND VERMOGEN IN PERSOONLIJKE BESCHERMINGSMIDDELEN BEGRIJPEN

Belangrijk is dat de Ret-classificatie veiligheidsprofessionals in staat stelt om het ademend vermogen van materialen te vergelijken op basis van meetbare prestaties. Het definiëren van ademend vermogen is echter maar een deel van de uitdaging. In beschermende kleding tegen chemicaliën moeten materialen bijvoorbeeld ook betrouwbare barrièreprestaties en duurzaamheid leveren. In het verleden betekende het verbeteren van het ademend vermogen vaak dat de bescherming afnam; omgekeerd zorgde het verhogen van de bescherming ervoor dat hitte en vocht minder goed konden ontsnappen.

Dit werpt een fundamentele vraag op voor zowel veiligheidsprofessionals als fabrikanten: **hoe kan het ademend vermogen worden verbeterd zonder afbreuk te doen aan de beschermende prestaties waarvoor PBM's zijn ontworpen?**

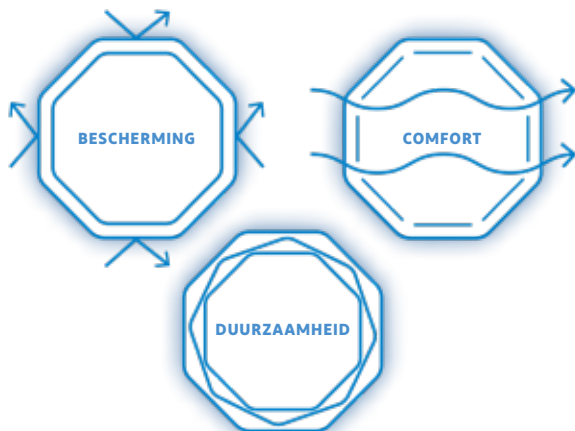
De recente ontwikkeling van baanbrekende, extreem ademende materialen die hun chemisch beschermende eigenschappen en duurzaamheid in veeleisende gebruiksomstandigheden behouden, biedt een antwoord.



## 5. Comfort als wetenschap verder ontwikkelen

**“De uitdaging is niet om het ademend vermogen te meten - de uitdaging is om dit te bereiken zonder afbreuk te doen aan de bescherming.”**

*zegt Chloé Caux-Wetherell*



De ontwikkeling van extreem ademende chemisch beschermende materialen betekent een belangrijke doorbraak. Deze vooruitgang is mogelijk gemaakt door een beter begrip van hittestress als fysiologisch proces, gecombineerd met vooruitgang in hoe comfort en ademend vermogen objectief kunnen worden gemeten.

DuPont loopt voorop in deze evolutie en pioniert met een nieuwe generatie Tyvek®-materiaal dat een extreem ademende classificatie bereikt met behoud van de chemische bescherming en duurzaamheid die vereist zijn in veeleisende werkomgevingen. Het nieuwe materiaal, Tyvek® APX™ genoemd, wijkt af van de traditionele afweging tussen comfort en bescherming en laat zien dat beide nu tegelijkertijd kunnen worden geboden.

Er werd een methodologie op meerdere schalen gebruikt om het draagcomfort op drie onderling verbonden niveaus te evalueren: materiaalprestaties, kledingontwerp en fysiologische reactie.

Deze eigenschappen zijn wetenschappelijk gevalideerd door een onafhankelijk laboratorium, Empa\*, waar een comfortevaluatie is uitgevoerd als stapsgewijs proces van voorspellende wetenschap naar echte menselijke reacties. Het doel is om comfort te kwantificeren, niet als subjectieve bewering, maar als een fysiologisch resultaat dat voorspeld, gemeten en gevalideerd kan worden.

\*De Zwitserse federale laboratoria voor materiaalwetenschap en technologie

## 5. COMFORT ALS WETENSCHAP VERDER ONTWIKKELEN

### Materiaalprestaties

Geavanceerde materiaalontwikkeling is gebruikt om de vochtdamptransmissie te optimaliseren met behoud van de inherente barrière-eigenschappen die nodig zijn voor bescherming. Het Hohenstein Institute creëerde een classificatietabel die materialen groepeerd in ademende niveaus, gebaseerd op objectieve laboratoriummetingen, voornamelijk de waterdampweerstand, beter bekend als Ret.

Ret geeft aan hoeveel weerstand een materiaal biedt tegen zweet dat van het lichaam verdampt. Hoe lager de Ret-waarde, hoe gemakkelijker zweet kan ontsnappen, wat resulteert in een comfortabeler kledingstuk.

De Hohenstein-classificatie heeft 5 niveaus van niet of nauwelijks ademend voor materialen met een Ret van meer dan 30 tot extreem ademend voor materialen met een Ret van minder dan 6.

### Prestaties van het kledingstuk

De manier waarop een materiaal wordt omgezet in een afgewerkt kledingstuk, inclusief pasvorm, naadconstructie en patroonontwerp, heeft een directe invloed op de thermische prestaties. Om dit te beoordelen gebruikte DuPont de zweetpoptest om de warmte-uitwisseling tussen het menselijk lichaam en de omgeving te simuleren. Deze tests leverden gedetailleerde gegevens op over het prototype van het kledingstuk, waardoor het volledige systeem kon worden geoptimaliseerd in plaats van het materiaal afzonderlijk.

### Fysiologische reactie

Als het aankomt op comfort, is het laatste en meest betekenisvolle niveau van validatie de fysiologische reactie van de drager. Fysiologische gegevens leggen de reactie van het lichaam op persoonlijke beschermingsmiddelen vast in dynamische, levensechte scenario's en weerspiegelen de geïntegreerde reactie van het menselijk lichaam op thermische, tactiele en psychologische stimuli. Met behulp van voorspellende thermoregulatiemodellen simuleerde DuPont hoe het menselijk lichaam reageert op verschillende combinaties van kleding, activiteitsniveaus en omgevingsomstandigheden. Deze simulaties werden vervolgens gevalideerd door gecontroleerde draagproeven op mensen, waarbij parameters zoals de kerntemperatuur van het lichaam, hartslag en ademhalingsfrequentie in realtime werden gemeten.

De resultaten van deze drievoudige validatiebenadering laten een meetbare vermindering van de fysiologische belasting zien. Extreem ademend Tyvek® APX™ materiaal kan bijdragen aan een langzamere stijging van de kerntemperatuur van het lichaam, minder cardiovasculaire belasting en een beter herstel tijdens rustperiodes. In sommige gevallen zijn de reacties van de drager vergelijkbaar met die van alledaagse kleding.

#### Introductie van Tyvek® APX™ Empa-laboratoriumtests



**Deze progressie van geavanceerde materiaalwetenschap naar volledige fysiologische validatie toont aan dat comfort niet langer alleen een subjectieve eigenschap is. Het is een meetbare, op bewijs gebaseerde parameter die kan worden ontworpen om zowel de veiligheid als de prestaties te ondersteunen, zonder afbreuk te doen aan de bescherming en duurzaamheid.**

### Vergelijking tussen ademend vermogen en bescherming

| Tyvek® APX™ 400<br>beschermende overall:                                              |                                    | Denimjack:                                                                            |                                    | Katoenen t-shirt:                                                                     |                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
|    | Zeer lage Ret                      |  | Hogere Ret                         |  | Lagere Ret                         |
|  | Hoge bescherming tegen chemicaliën |  | Lage bescherming tegen chemicaliën |  | Lage bescherming tegen chemicaliën |

## 6. Wat dit betekent voor veiligheidsprofessionals

**“Betere gegevens leiden tot betere PBM-beslissingen en uiteindelijk tot veiligere werkplekken.”**

Voor gezondheids- en veiligheidsprofessionals hebben deze ontwikkelingen grote gevolgen. Nu hittestress een steeds groter risico op de werkplek wordt, kan de keuze van persoonlijke beschermingsmiddelen (PBM) niet langer afhangen van subjectieve beoordelingen van comfort of een afweging tussen essentiële kledingkenmerken. In plaats daarvan kan besluitvorming worden ondersteund door meetbare, op bewijs gebaseerde parameters.

Kengetallen zoals Ret en vastgestelde classificaties voor ademend vermogen bieden een objectievere manier om te beoordelen hoe chemisch beschermende kledingstukken in de praktijk presteren. Door na te gaan hoe effectief PBM's de warmte- en vochtoverdracht ondersteunen en hoe dit zich vertaalt in fysiologische impact, kunnen veiligheidsprofessionals beter geïnformeerde keuzes maken die een directe invloed hebben op de veiligheid, prestaties en naleving van de voorschriften door werknemers.

Dit markeert ook een verschuiving in hoe comfort wordt opgevat. In plaats van te worden gezien als een secundaire of optionele eigenschap, wordt het nu erkend als een factor die rechtstreeks van invloed is op het vermogen van werknemers om taken veilig uit te voeren in de loop van de tijd.

Belangrijk is dat het niet langer nodig is om compromissen te sluiten bij het specificeren van persoonlijke beschermingsmiddelen. Vooruitgang in de materiaalwetenschap heeft aangetoond dat extreem ademende beschermende kleding zowel een hoog beschermingsniveau als een verbeterd thermisch comfort kan bieden.

De Tyvek® APX™ 400 beschermende overall is de eerste van deze nieuwe generatie kleding voor chemische bescherming. Door een extreem ademende classificatie te bereiken met behoud van de nodige duurzaamheid en bescherming, levert het bewijs dat comfort en bescherming samen kunnen worden ontwikkeld.

Naarmate onze kennis zich verder ontwikkelt, zal de mogelijkheid om persoonlijke beschermingsmiddelen te specificeren op basis van meetbaar comfort een steeds belangrijkere rol spelen bij het verminderen van hittestress en het ondersteunen van veiligere werkomgevingen.



Deze informatie is gebaseerd op technische gegevens die door DuPont betrouwbaar worden geacht. De informatie kan worden herzien wanneer aanvullende kennis en ervaringen beschikbaar worden. Het is de verantwoordelijkheid van de gebruiker om het giftigheidsniveau vast te stellen en te bepalen welke persoonlijke beschermende uitrusting nodig is. De gegevens in dit document hebben betrekking op laboratoriumresultaten met materialen, niet met volledige kledingstukken, onder gecontroleerde omstandigheden. Deze informatie is bedoeld voor gebruik door personen die beschikken over de technische expertise om beoordelingen uit te voeren op basis van hun eigen specifieke gebruiksdoelen, naar eigen goeddunken en op eigen risico. Iedereen die deze informatie wil gebruiken, moet eerst controleren of het gekozen kledingstuk geschikt is voor het bedoelde gebruik. De eindgebruiker mag het kledingstuk niet meer gebruiken als de stof is gescheurd, versleten of doorgeprikt om mogelijke chemische blootstelling te voorkomen. Omdat de gebruiksomstandigheden buiten onze controle vallen, BIEDEN DUPONT DE NEMOURS, INC. EN ZIJN DOCHTERONDERNEMINGEN GEEN GARANTIES, UITDRUKKELIJK OF IMPLICIET, INCLUSIEF MAAR NIET BEPERKT TOT GARANTIES VAN VERKOOPBAARHEID OF GESCHIKTHEID VOOR EEN BEPAALD DOEL, EN AANVAARDEN ZE GEEN AANSPRAKELIJKHEID TEN AANZIEN VAN GEBRUIK VAN DEZE PRODUCTEN EN INFORMATIE. Deze informatie is niet bedoeld als licentie waaronder kan worden gewerkt of als aanbeveling om inbreuk te maken op een patent of technische informatie van DuPont of andere personen over materialen of het gebruik hiervan.

© 2026 DuPont. Alle rechten voorbehouden. DuPont™, het ovale DuPont-logo en alle handelsmerken en dienstmerken aangeduid met ™, SM of © zijn eigendom van dochterondernemingen van DuPont de Nemours, Inc., tenzij anders vermeld.