



LA CULTURA DELLA PREVENZIONE

Collana "Quaderni di Igiene Industriale" – n.1

Stress termico da caldo e cambiamento climatico: metodologie per la valutazione e gestione del rischio

***a cura di
Angela Stufano e
Gianandrea Maria Gino***

***Con la revisione
tecnico-scientifica ed editoriale di
Francesca Borghi, Andrea Martinelli,
Andrea Spinazzè***



Stress termico da caldo e cambiamento climatico: metodologie per la valutazione e gestione del rischio

*a cura di
Angela Stufano e Gianandrea Maria Gino*

*Con la revisione tecnico-scientifica ed editoriale di
Francesca Borghi, Andrea Martinelli, Andrea Spinazzè*

Collana "Quaderni di Igiene Industriale" – n.1

**Stress termico da caldo e cambiamento climatico:
metodologie per la valutazione e gestione del rischio**

A cura di
Angela Stufano e Gianandrea Maria Gino

Con la revisione tecnico-scientifica ed editoriale di
Francesca Borghi, Andrea Martinelli, Andrea Spinazzè

ISBN 978-88-86293-50-1

Contributi

La prima stesura del Quaderno è stata predisposta da
Angela Stufano e Gianandrea Maria Gino.

Il coordinamento editoriale è stato curato da Angela Stufano.

Francesca Borghi, Andrea Martinelli e Andrea Spinazzè
hanno contribuito alla revisione tecnico-scientifica
ed editoriale del testo.

AIDII ETS
Via G.B. Morgagni, 32
20129 Milano

Indice

PREMESSA	V
CAPITOLO 1: TERMOREGOLAZIONE CORPOREA E STRESS TERMICO DA CALDO: MECCANISMI E BILANCIO TERMICO	1
1.1 Termoregolazione e definizione di stress termico da caldo	1
1.2 Equilibrio termico e scambio di calore nel corpo umano	2
1.2.1. Equazione di bilancio termico	2
1.2.2. Modalità di scambio termico	2
CAPITOLO 2: EFFETTI DELLO STRESS TERMICO SULLA SALUTE E SICUREZZA DEI LAVORATORI	4
2.1 Effetti sulla salute e sulla sicurezza dei lavoratori esposti	4
2.1.1. Effetti acuti dello stress termico	4
2.1.2. Effetti cronici dell'esposizione a caldo	6
2.1.3. Effetti del calore sulla funzione neurologica, sulle performance cognitive e sulla salute mentale in ambito lavorativo	8
2.1.4. Impatti economici dello stress termico: perdita di produttività, costi del lavoro e implicazioni finanziarie	9
2.2 Effetti secondari associati al cambiamento climatico	11
2.3 Settori lavorativi ad elevato rischio di esposizione a stress termico	11
CAPITOLO 3: RIFERIMENTI NORMATIVI E REGOLAMENTARI	14
3.1 Indicazioni per le valutazioni	14
3.2 Le ondate di calore anomalo	18
3.3 Gli ambienti di lavoro	19
CAPITOLO 4: REGOLAMENTAZIONE, LINEE GUIDA, BUONE PRASSI	22
4.1 Strumenti normativi globali rilevanti per lo stress termico nei luoghi di lavoro	22
4.1.1. Direttive dell'Unione Europea e azioni nazionali	22
4.2 Ispettorato Nazionale del Lavoro	23
4.3 Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro	25
4.4 Workclimate 2.0	25
4.5 Documenti della Conferenza Stato-Regioni	27
4.6 Il Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC)	27

CAPITOLO 5: METODOLOGIE DI VALUTAZIONE E MISURAZIONE DEL RISCHIO	29
5.1 WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)	30
5.2 Modello PHS (Predicted Heat Strain)	31
5.3 Humidex (humidity index)	32
5.4 Indice HSI	32
5.5 HWF Heat Wave Frequency	33
CAPITOLO 6: MISURE TECNICHE E ORGANIZZATIVE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO	34
6.1 Controlli ingegneristici	34
6.1.1. Controllo del calore convettivo	34
6.1.2. Controllo del calore radiante	35
6.1.3. Controllo del calore evaporativo	35
6.2 Controlli amministrativi	37
6.2.1. Idratazione ottimale per i lavoratori esposti al calore	37
6.2.2. Consumo raccomandato di acqua in funzione del WBGT	37
6.2.3. Cicli lavoro-riposo e rotazione delle mansioni per la gestione del calore	38
6.2.4. Rotazione delle mansioni e pianificazione degli orari	38
6.2.5. Attuazione di programmi di monitoraggio delle mansioni/compiti	38
6.2.6. Introduzione di regimi di acclimatazione al calore	39
6.3 Dispositivi di protezione individuale (DPI)	40
CAPITOLO 7: MONITORAGGIO DELLA SALUTE E CONTROLLO DELLO STRESS DA CALORE	42
7.1 Ruolo della sorveglianza sanitaria e del medico competente	42
7.2 Fattori individuali e fisiologici: i soggetti vulnerabili	43
7.2.1. Obesità	43
7.2.2. Genere	44
7.2.3. Età	44
7.3 Ritorno al lavoro dopo gravi patologie correlate al calore	44
CAPITOLO 8: PROCEDURE DI EMERGENZA E PRIMO SOCCORSO	47
CAPITOLO 9: INFORMAZIONE, FORMAZIONE E ADDESTRAMENTO	49
9.1 Formazione efficace sullo stress da calore	49
9.1.1. Componenti essenziali di un programma di formazione sullo stress da calore	49
9.1.2. Il Serious game come strumento innovativo di formazione	51
CAPITOLO 10: CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	52
BIBLIOGRAFIA	53

Premessa

Il Testo Unico per la Salute e Sicurezza sul Lavoro (D.Lgs. 81/2008) stabilisce l'obbligo di valutare tutti i rischi presenti negli ambienti lavorativi, inclusa l'esposizione al calore nei contesti non climatizzati. Tale esposizione costituisce un problema di crescente rilevanza, in particolare alla luce dell'accelerazione del cambiamento climatico.

Secondo i dati dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), negli ultimi decenni le temperature medie annuali in Italia sono aumentate di circa 1,5 °C rispetto ai valori storici, accompagnate da un incremento significativo della frequenza e della durata delle ondate di calore. Analogamente, il Copernicus Climate Change Service (C3S) dell'Unione Europea ha rilevato che il 2024 è stato l'anno con l'estate più calda mai registrata in Europa, con temperature superiori di circa 1,5 °C rispetto alla media del periodo 1991-2020. Dal 2018 ad oggi sono state registrate 4 delle 5 estati più calde di sempre. In particolare, l'area mediterranea, compresa l'Italia, ha sperimentato picchi termici anomali che hanno intensificato la frequenza e la severità degli eventi estremi.

Il terzo rapporto del *Lancet Countdown on Health and Climate Change – Europe*, con dati aggiornati al 2025, documenta inoltre che il 99,6% delle regioni europee monitorate ha registrato un aumento delle morti attribuibili al caldo nel periodo 2015–2024 rispetto al periodo di riferimento 1991–2000, con un incremento medio annuo di 52 decessi per milione di abitanti (IC 95% 43-59) (Kriit et al., 2026).

Nel contesto dell'esposizione all'agente fisico "microclima", ai sensi dell'art. 180 del D.Lgs. 81/2008, il presente documento tecnico si propone di favorire l'utilizzo ottimale degli strumenti disponibili per la valutazione e la gestione dei rischi derivanti dal climate change, facendo riferimento alle principali fonti normative e bibliografiche.

Le variazioni climatiche incidono particolarmente sulle attività lavorative svolte all'aperto, quali edilizia, agricoltura, pesca, servizi di distribuzione e di emergenza, ma anche su ambienti confinati privi di adeguati sistemi di ventilazione o raffrescamento. In Italia, ad esempio, il numero dei giorni annui con temperature superiori ai 35 °C è quasi raddoppiato rispetto agli anni '80. Tale evoluzione si traduce in un impatto diretto sulla salute - aumentando il rischio di colpi di calore, disidratazione e disturbi cardiovascolari - e sulla sicurezza dei lavoratori, con un conseguente incremento degli infortuni correlati allo stress termico.

Le metodologie di valutazione tipiche dell'igiene industriale e ambientale, integrate con le pratiche di medicina del lavoro e i sistemi di gestione aziendale, consentono di affrontare efficacemente tali rischi. A partire dall'identificazione dei pericoli, è possibile procedere alla valutazione dei rischi e alla definizione di misure tecniche (ad esempio, impianti di raffresca-

mento, ventilazione localizzata, dispositivi indossabili per il monitoraggio della temperatura corporea), organizzative (turnazioni, pause programmate nelle ore più calde) e procedurali (formazione dei lavoratori, sistemi di allerta precoce), al fine di mitigare gli effetti avversi sulla salute e sicurezza.

È altresì necessario considerare variabili individuali, quali il genere e l'età, poiché il progressivo invecchiamento della forza lavoro e altre condizioni personali possono influenzare la tolleranza al calore. Oggi, l'integrazione di sistemi di previsione meteorologica avanzati, modelli organizzativi flessibili (ad esempio, smart working nei settori compatibili) e misure di gestione contrattuale (come linee guida regionali e strumenti di sostegno economico quali la cassa integrazione) rappresentano strategie efficaci per fronteggiare condizioni ambientali estreme.

Infine, l'adozione di misure di compensazione - quali sistemi di aerazione e condizionamento efficienti, attrezzature e veicoli climatizzati, oltre all'impiego di dispositivi wearable per il monitoraggio dei parametri fisiologici - si rivela particolarmente strategica. Studi recenti hanno evidenziato riduzioni superiori al 30% nelle assenze per malattia in aziende che hanno implementato sistemi di prevenzione e monitoraggio del rischio da calore.

In tale contesto, emerge con forza l'importanza di una valutazione puntuale del rischio microclimatico, associata a una formazione continua e a una sensibilizzazione diffusa a tutti i livelli aziendali, quale strumento determinante per prevenire e mitigare gli effetti avversi del cambiamento climatico sulla salute e sicurezza dei lavoratori.