

Ambienti severi caldi - Norme tecniche e indici di stress termico

1. Premessa

Per la valutazione del rischio negli ambienti severi caldi si può fare riferimento alla norma UNI EN 27243:1996 (Ambienti caldi - Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro), basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globo termometro) che consente una veloce, anche se grossolana, stima dello "stress termico", mediante il calcolo dell'indice sintetico di rischio WBGT.

Per una valutazione più dettagliata e affidabile si fa riferimento alla norma UNI EN ISO 7933:2005 (Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile), che utilizza, ai fini della valutazione, il metodo PHS (Predicted Heat Strain).

Un metodo di valutazione semplificato è costituito dall'Indice di calore, che si basa sulla rilevazione di due parametri: temperatura dell'aria e umidità relativa.

2. L'indice WBGT

Una stima del rischio da stress calorico può essere effettuata mediante l'indice di valutazione WBGT (Wet Bulbe Globe Temperature), descritto nella norma UNI EN 27243:1996.

Il suddetto indice fornisce una stima veloce, seppur grossolana, che in via preliminare permette di valutare l'opportunità di ricorrere ad una valutazione dello stress termico in maniera più analitica (vedi più avanti indice PHS).

Il WBGT è un indice che valuta l'accettabilità delle condizioni che provocano un aumento di temperatura al massimo a 38°C. I valori limite sono tabulati in funzione della classe metabolica e dell'acclimatazione. Il calcolo si basa sulla temperatura del globo nero standard, **tg**, (che dipende dalla temperatura media radiante e dalla temperatura e velocità dell'aria), nonché dalla temperatura del bulbo umido a ventilazione naturale **tnw** (che dipende dalla temperatura, dalla velocità dell'aria e dall'umidità relativa).

Il WBGT può essere calcolato sia per ambienti esterni, quindi esposti direttamente alla radiazione solare, sia per ambienti interni, rispettivamente secondo le seguenti formule:

$$\text{WBGT} = 0,7 \text{ tnw} + 0,2 \text{ tg} + 0,1 \text{ ta} \quad (\text{ambienti esterni})$$

$$\text{WBGT} = 0,7 \text{ tnw} + 0,3 \text{ tg} \quad (\text{ambienti interni})$$

dove:

ta = temperatura dell'aria

tnw = temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale

tg = temperatura del globo termometro

Per valutare il rischio da stress calorico è necessario che i risultati del calcolo derivante dalle espressioni sopra indicate siano confrontati con i "valori limite", quelli cioè oltre i quali l'individuo può ritenersi esposto al rischio da stress calorico.

Questi valori limite sono diversi in dipendenza di due fattori:

- attività metabolica del soggetto;
- grado di acclimatazione del soggetto.

L'attività metabolica è legata all'attività fisica svolta dal soggetto; più questa è elevata, più il valore limite del WBGT è basso, dato che si determina una maggiore produzione di calore interno.

L'acclimatazione esprime invece l'attitudine del soggetto a sopportare un clima sfavorevole. In tal senso un individuo si può ritenere acclimatato dopo lo svolgimento di un'attività lavorativa in un ambiente termico per un tempo diverso a seconda dei casi; per individui non acclimatati i valori limite si riducono di un numero di gradi proporzionale all'attività metabolica svolta.

Inoltre i valori limite di riferimento del WBGT diminuiscono se nell'attività lavorativa sono inserite pause progressivamente più lunghe, tanto più quanto più l'attività metabolica è gravosa. Per attività metaboliche leggere il limite è univocamente fissato a 33°C.

3. L'indice PHS

Qualora si riscontrino situazioni di rischio, in cui i valori limite del WBGT vengono superati, è consigliabile effettuare una valutazione ulteriore utilizzando l'indice di riferimento PHS (Predicted Heat Strain).

Quest'ultimo, contenuto nella norma tecnica UNI EN ISO 7933:2005, consente di valutare il rischio da stress calorico in modo più dettagliato e affidabile.

L'applicazione dell'indice PHS prevede una rielaborazione dell'equazione di bilancio termico, tenendo conto del ruolo importante, in ambienti severi caldi, della sudorazione. Viene in particolare preso in considerazione il fattore "dSeq" che corrisponde alla potenza termica associata all'incremento della temperatura del nucleo corporeo.

Pertanto l'equazione di bilancio termico, che era la seguente:

$$S = M - W \pm C \pm R \pm K \pm C_{res} \pm E_{res} - E$$

può essere così riformulata:

$$E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R - d_{Seq}$$

dove "E_{req}" è la potenza termica che risulta necessario dissipare per sudorazione, ai fini del raggiungimento della neutralità termica (il termine K viene omissso data la sua scarsa incidenza).

La valutazione dell'accettabilità o inaccettabilità dell'ambiente termico in esame viene effettuata confrontando i seguenti indici sintetici con i rispettivi valori limite:

SW_{req} = potenza termica dissipabile per sudorazione nell'unità di tempo;

w_{req} = frazione di pelle dalla quale può realisticamente evaporare il sudore;

D = perdita d'acqua;

tre = temperatura rettale.

I valori limite variano, per i primi due, a seconda se i lavoratori sono o meno acclimatati, gli altri due a seconda della possibilità di bere liquidi.

La quantità E_{req} viene convertita nella quantità SW_{req} (sudorazione richiesta), tenendo conto dell'efficienza non ideale con la quale il sudore prodotto evapora effettivamente:

$$SW_{req} = E_{req}/r_{req}.$$

Tale efficienza, indicata nell'equazione come r_{req}, risulta funzione della frazione di pelle bagnata w_{req}, a sua volta calcolata come rapporto E_{req}/E_{max} fra la potenza termica evaporativa richiesta e la massima realizzabile dall'organismo in condizioni di pelle completamente bagnata.

La quantità SW_{req} rappresenta l'elemento incrementale che consente di seguire nel tempo l'evoluzione del primo degli indici sintetici presenti nello standard, ovvero l'indice SW_p (sudorazione prevista).

La valutazione dell'accettabilità dell'ambiente termico secondo questa norma viene effettuata confrontando i due indici sintetici di stress SW_{req} e w_{req} e i due indici sintetici di strain D e tre con i rispettivi valori limite SW_{max}, w_{max}, D_{max} e tre_{max}.

Tali valori limite hanno i seguenti significati:

- SW_{max} rappresenta la massima potenza termica dissipabile per sudorazione ovvero la massima quantità di sudore evaporabile per unità di tempo;
- w_{max} rappresenta la massima frazione di pelle dalla quale può essere realisticamente fatto evaporare il sudore;
- D_{max} stabilisce la massima perdita d'acqua compatibile con il mantenimento dei normali parametri fisiologici dell'individuo;
- tre_{max} rappresenta il valore massimo accettabile della temperatura rettale.

Nella tabella 1 sono indicati i valori limite degli indici di stress e strain per l'esposizione ad ambienti termici severi caldi.

Tabella n.1 Valori limite degli indici di stress e strain per l'esposizione ad ambienti termici severi caldi

| Quantità | Individui non acclimatati | Individui acclimatati |
|-------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| SW_{max} [g/h] | $2,6 \times (M-32) \times A_{DU}$ | $3,25 \times (M-32) \times A_{DU}$ |
| W_{max} | 0,85 | 1 |
| Quantità | Accesso ai liquidi | |
| | libero | nessuno |
| D_{max95} | 5% della massa corporea | 3% della massa corporea |
| $t_{re,max}$ [°C] | 38 | |

Il calcolo degli indici sopra menzionati può essere effettuato utilizzando appositi software. È soprattutto agendo sulla durata e numero delle pause dal lavoro che è possibile rientrare nei valori limiti.

Va infine ricordato che l'affidabilità del metodo PHS è verificata solo all'interno dei parametri indicati nella tabella 2.

Tabella n.2 Intervalli di applicabilità dei parametri ambientali ed individuali

| Quantità | Simbolo | Intervallo utile | Unità di misura |
|--------------------------------------|-------------|------------------|-----------------|
| temperatura dell'aria | t_a | +15 ÷ +50 | °C |
| differenza fra t_a e t_r | $t_r - t_a$ | 0 ÷ +60 | °C |
| pressione parziale del vapore acqueo | p_a | 0 ÷ 4.500 | Pa |
| velocità dell'aria | v_a | 0 ÷ 3 | m/s |
| attività metabolica | M | 100 ÷ 450 | W |
| isolamento termico del vestiario | I_{cl} | 0,1 ÷ 1 | clo |

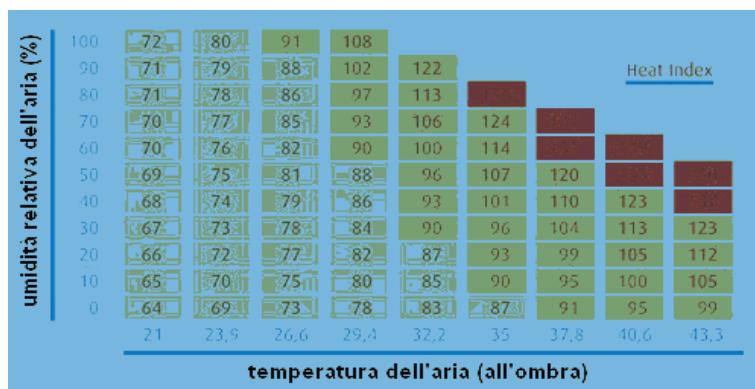
L'applicazione dei metodi di valutazione sopra esposti necessita di particolari competenze professionali, e inoltre gli strumenti di rilevazione sono molto onerosi, in particolare per le piccole imprese.

4. L'indice di calore

Un metodo semplice è stato studiato dalla AUSL di Forlì e proposto anche dall'Istituto Nazionale Francese per la Ricerca sulla Sicurezza. Esso si basa sulla rilevazione dei due parametri: temperatura dell'aria e umidità relativa. Viene quindi utilizzato un diagramma "Carta dell'indice di calore", illustrata in tabella 3, che contiene i possibili livelli di temperatura dell'aria e umidità relativa. L'indice, riferito ad una determinata

situazione lavorativa, si ottiene incrociando la verticale passante per la temperatura dell'aria, misurata all'ombra nelle immediate vicinanze del posto di lavoro mediante un termometro, con l'orizzontale passante per la percentuale di umidità relativa, misurata con un igrometro. Per valori intermedi di temperatura e umidità relativa si utilizzano indici intermedi.

Tabella n.3 Carta dell'indice di calore



Il valore dell'indice ricavato dalla carta va confrontato con la tabella 4, che riassume i possibili effetti negativi, di gravità via via più elevata, che si possono prevedere nella situazione considerata. Questi indici sono validi per lavoro all'ombra e con vento leggero. In caso di lavoro al sole l'indice in tabella va aumentato di 15.

| Tabella n.4 | Effetti del calore sull'organismo basati sull'indice di calore |
|-------------------|---|
| Heat index | Disturbi possibili per esposizione prolungata a calore e/o a fatica fisica intensa |
| da 80 a 90 | Fatica |
| da 90 a 104 | Colpo di sole, crampi muscolari, esaurimento fisico |
| da 105 a 129 | Esaurimento fisico, colpo di calore possibile |
| 130 e più | Rischio elevato di colpo di calore/ colpo di sole |

(La riproduzione di stralci delle norme UNI è stata autorizzata da UNI Ente Italiano di Normazione. L'unica versione che fa fede è quella originale reperibile in versione integrale presso UNI, Via Sannio 2 20137 Milano, tel.02-70024200, fax 025515256 e-mail: diffusione@uni.com, web www.uni.com).

Data di chiusura del documento

07/06/2017

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Contarp è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione.

Per informazioni

contarp@inail.it