

## *The correct evaluation of the microclimate for an ergonomic and safe workplace*

### *La corretta valutazione del microclima per un luogo di lavoro ergonomico e sicuro*

Del Gaudio M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ricercatore Inail UOT CVR di Avellino

**Keywords:** *evaluation, microclimate, comfort, thermal stress*

**Parole chiave:** *valutazione, microclima, comfort, stress termico*

#### **Abstract**

In Italy, pursuant to Legislative Decree 81/08, the employer is obliged to assess all the risks to which workers are exposed. In this decree law, for the microclimate, there are few indications on how to carry out the assessment. No precise reference limits are set but it is only recommended to adapt the environmental conditions to the physical effort carried out, the parameters that need to be measured and with which instruments and who can carry out the measurements and therefore the related assessments are not specified. The technical reference standard is instead well established and proposes evaluation indices that take into account the heat exchanges between the human body and the thermal environment and allow to prevent discomfort or even damage to health. However, it is necessary for the evaluator to use these indices correctly to avoid underestimating risky conditions. This work aims to provide a guide to those who are preparing to evaluate the thermo-hygrometric conditions of a workplace.

The assessors must choose the path based on the activity carried out in the workplace and its physical characteristics, using the measurement equipment required by the technical regulations and verify its reliability. An incorrect assessment can make people underestimate the discomfort which is often associated with a lowering of the level of attention and therefore a predisposition to accidents, or it can expose workers to serious health risks.

## Riassunto

In Italia, ai sensi del D.Lgs. 81/08, il datore di lavoro ha l'obbligo di valutare tutti i rischi a cui sono esposti i lavoratori. In questo decreto legge, ci sono poche indicazioni su come effettuare la valutazione del microclima: non sono fissati limiti di riferimento precisi ma viene solo raccomandato di adeguare le condizioni ambientali all'impegno fisico svolto, non è specificato come misurare i parametri e con quali strumentazioni e non è chiaro chi può effettuare le misure e quindi le relative valutazioni. La normativa tecnica di riferimento è invece ben consolidata e propone degli indici di valutazione che tengono conto degli scambi termici tra corpo umano e ambiente termico e permettono di prevenire il discomfort o addirittura danni per la salute. È necessario però che chi effettua la valutazione utilizzi correttamente questi indici per evitare di sottovalutare condizioni rischiose. Questo lavoro vuole fornire una guida a coloro che si accingono a valutare le condizioni termo-igrometriche di un luogo di lavoro.

I valutatori debbono scegliere il percorso in base alla attività svolta nel luogo di lavoro esaminato e alle sue caratteristiche fisiche, utilizzando la strumentazione di misura prevista dalla normativa tecnica e verificarne l'affidabilità. Una valutazione errata può far sottovalutare dei discomfort a cui spesso si associa un abbassamento del livello di attenzione e quindi una predisposizione agli infortuni, oppure può esporre i lavoratori a rischi anche gravi per la salute.

## Introduzione

Le caratteristiche termo-igrometriche non confortevoli di un luogo di lavoro possono abbassare il livello di attenzione diminuendo la produttività e favorendo anche il verificarsi di infortuni. Se le condizioni ambientali sono molto calde o molto fredde possono addirittura provocare seri danni per la salute e per la vita. In ambienti di lavoro d'ufficio, del commercio o della logistica i lavoratori possono lamentare dei discomfort mentre sono particolarmente critiche le condizioni delle celle per la conservazione o la lavorazione degli alimenti o tutte quelle attività a caldo come le fonderie, i forni di cottura delle ceramiche o tutte le attività di cottura dei cibi, in cui il lavoratore è esposto a condizioni che non è possibile modificare senza interferire sulla qualità del prodotto finale. Condizioni termo-igrometriche estreme si possono verificare anche all'esterno durante la stagione estiva ed invernale quando evidentemente le condizioni sono in relazione col clima e quindi non modificabili. La cronaca recente ha riportato il verificarsi, in tutti gli ambienti di lavoro, di un maggior numero di malori per i lavoratori particolarmente sensibili che, in alcuni casi, hanno addirittura provocato la loro morte. In questo lavoro si proverà a definire un giusto approccio alla valutazione di questo rischio suggerendo la corretta procedura di valutazione che il datore di lavoro deve seguire per ottemperare agli obblighi normativi ma soprattutto per rendere il luogo di lavoro ergonomico e quindi sicuro.

## MATERIALI E METODI

### Analisi dei luoghi di lavoro

Dal punto di vista termo-igrometrico gli ambienti di lavoro vengo distinti in ambienti di lavoro “moderati” ed in ambienti di lavoro “severi”, questa classificazione non deve essere, però, basata sulle temperature misurate nell’ambiente di lavoro ma sull’attività che in esso si svolge. Se in un luogo di lavoro ci sono condizioni termo-igrometriche non confortevoli o addirittura pericolose per la salute, queste sono giustificabili solo se sono conseguenza inevitabile dell’attività svolta, in tutti gli altri casi si dovranno garantire condizioni di comfort. In processi produttivi con lavorazioni “a caldo” come fornaci, cottura di alimenti, evidentemente c’è un vincolo che non può essere direttamente eliminato ma in attività come quelle d’ufficio, logistica, commercio, il controllo delle condizioni non pregiudica il processo produttivo. Per le attività all’aperto, ovviamente, è difficile modificare le condizioni e quindi occorre considerare l’ambiente sempre vincolato anche se il rischio maggiore è legato alle stagioni con temperature molto alte (estate) o molto basse (inverno).

Chi deve valutare le condizioni microclimatiche di un luogo di lavoro, sia esso il datore di lavoro o un suo consulente, dovrà verificare quali sono le fonti termiche presenti (attrezzature, vetrate esposte al sole impianti di condizionamento, affollamento, radiazione solare), se esiste una variabilità nel tempo delle condizioni, e infine stimare l’impegno metabolico dei lavoratori e l’isolamento termico relativo all’abbigliamento indossato.

Se la valutazione del microclima viene fatta prima dell’inizio dell’attività la misura dei parametri ambientali potrà solo evidenziare l’influenza delle condizioni esterne e l’efficienza degli impianti di condizionamento, ad attività già iniziata si potranno invece cogliere le reali condizioni di lavoro. Le eventuali segnalazioni da parte dei lavoratori sono un buon punto di partenza perché chi lavora in quell’ambiente può sicuramente fornire indicazioni utili sulle criticità da approfondire.

Gli ambienti outdoor, che come già detto sono fortemente influenzati dalle condizioni climatiche, la valutazione non potrà avvenire a partire dalla misura dei parametri fisici ma occorre prevedere le condizioni di lavoro. I siti web specializzati in previsioni meteorologiche permettono di ottenere indicazioni molto precise e soprattutto di prevedere le situazioni più critiche su base oraria. Gli stessi siti calcolano anche gli indici di valutazione dello stress termico per proteggere la popolazione che possono essere di ausilio anche per la prevenzione della salute dei lavoratori (2).

### Gli obblighi normativi

Il D. Lgs. 81/08 e s.m.i. obbliga il datore di lavoro a valutare il microclima nel titolo II art. 63 (e allegato IV) e nel titolo VIII. Nell’allegato IV troviamo

indicazioni sulla necessità di garantire condizioni di temperatura e di qualità dell'aria tenendo conto del tipo di attività e degli sforzi fisici a cui sono sottoposti i lavoratori. La valutazione deve tener conto anche dell'effetto dell'umidità e della velocità dell'aria, nonché di calore radiante dovuto ad esempio alla presenza di vetrate soleggiate. Per la protezione dei lavoratori da temperature troppo alte o troppo basse, occorre sempre cercare forme di protezione collettiva e solo dopo fornire dispositivi di protezione personale.

Nel titolo VIII il microclima è incluso tra gli agenti fisici ed necessario effettuare una attenta valutazione, tutelare i soggetti sensibili, fornire la formazione e informazione dei lavoratori e garantire la sorveglianza sanitaria. Come per tutti i rischi, il Datore di Lavoro deve sempre fissare degli obiettivi per la riduzione degli stessi. Purtroppo non è previsto un successivo capo specifico che, come per gli altri agenti fisici, descriva le modalità di misura, ed i limiti di riferimento.

È opinione ormai comune che le indicazioni del titolo II si possano riferire soprattutto agli ambienti "moderati" ad obiettivo comfort, e che il rischio dall'agente fisico microclima trattato nel titolo VIII si possano riferire soprattutto agli ambienti severi in cui occorre tutelare il lavoratore da rischi per la salute.

In Italia esistono solo due testi di legge che fissano espressamente i limiti per i parametri microclimatici e sono il Decreto del Presidente della Repubblica 14 gennaio 1997 n. 37 "Atto d'indirizzo e coordinamento alle regioni e alle province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private" e la legge 11 gennaio 1996, n. 23 "Norme per l'edilizia scolastica" che ha sostituito il Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975.

Per i reparti ospedalieri più delicati come ad esempio le sale operatorie, vengono indicati i valori di temperatura e di umidità ed i volumi d'aria che occorre garantire con lo scopo di garantire condizioni d'igiene, mentre per la scuola vengono fissati livelli di riferimento per gli stessi parametri, ma in questo caso la gestione è di fatto impossibile perché nelle scuole sono normalmente presenti solo impianti di riscaldamento ed il ricambio dell'aria si può ottenere solo aprendo la finestra.

## **Le norme tecniche**

La normativa tecnica propone per valutazione degli indici da calcolare da calcolare per stabilire se le condizioni termo-igrometriche sono ottimali. Per gli ambienti moderati sono basati su studi che hanno analizzato la percezione da parte di campioni rappresentativi di soggetti in buone condizioni di salute, mentre per gli ambienti severi sono basati sugli scambi energetici tra l'ambiente ed il corpo umano.

Di seguito si descrivono gli indici di valutazione mentre per il calcolo degli stessi si rimanda alle relative norme tecniche e all'opuscolo Inail "La valutazione del microclima" (1).

Lo standard tecnico UNI EN ISO 7730 (3) partendo dagli studi del Prof. Fanger permette di prevedere la percentuale di individui che non si riterrebbero soddisfatti dalle condizioni microclimatiche di un ambiente, tenuto conto dell'impegno metabolico relativo all'attività svolta e dell'abbigliamento indossato. L'algoritmo che è ormai utilizzato da più di quarant'anni, integra le misure ambientali della temperatura dell'aria, della temperatura radiante, dell'umidità e della velocità dell'aria con i valori di isolamento termico del vestiario e del dispendio metabolico. Il risultato è il voto di gradimento (PMV) che si prevede avrebbe espresso il campione rappresentativo di soggetti se si fosse trovato nell'ambiente che si sta esaminando. Il voto è compreso in una scala di valori dell'intervallo  $+3 \div -3$  e ad ogni valore è associata la percentuale di soggetti che si riterrebbero insoddisfatti. lo standard tecnico suggerisce tre livelli di qualità corrispondenti a tre intervalli di PMV e quindi ad una percentuale di insoddisfatti (tabella 1).

Classe di comfort	Intervallo PMV	Percentuale d'insoddisfatti PPD
A	-0,2 ÷ +0,2	6 %
B	-0,5 ÷ +0,5	10%
C	-0,7 ÷ +0,7	15%

Tabella 1- Classi di comfort UNI EN ISO 7730

Negli ambienti moderati occorre anche verificare che non siano superati i livelli ottimali di discomfort locale a causa di una eccessiva velocità dell'aria, un pavimento troppo caldo o la presenza di un eccessivo gradiente di temperatura orizzontale o verticale secondo i valori limite riportati nello standard nello standard ISO 7730 (3). La norma tecnica demanda la scelta del limite di qualità (classe A, B, C) alle nazioni che adottano la norma immaginando che possano essere fissati in sede di progettazione del luogo di lavoro. Questa scelta potrebbe consentire ai progettisti di realizzare luoghi di lavoro più confortevoli e quindi più appetibili sul mercato da parte dei datori di lavoro.

Gli indici di valutazione in ambiente termico severo utilizzano l'equazione di bilancio termico (1) che somma tutta l'energia in entrata ed in uscita dal corpo umano (figura 1).

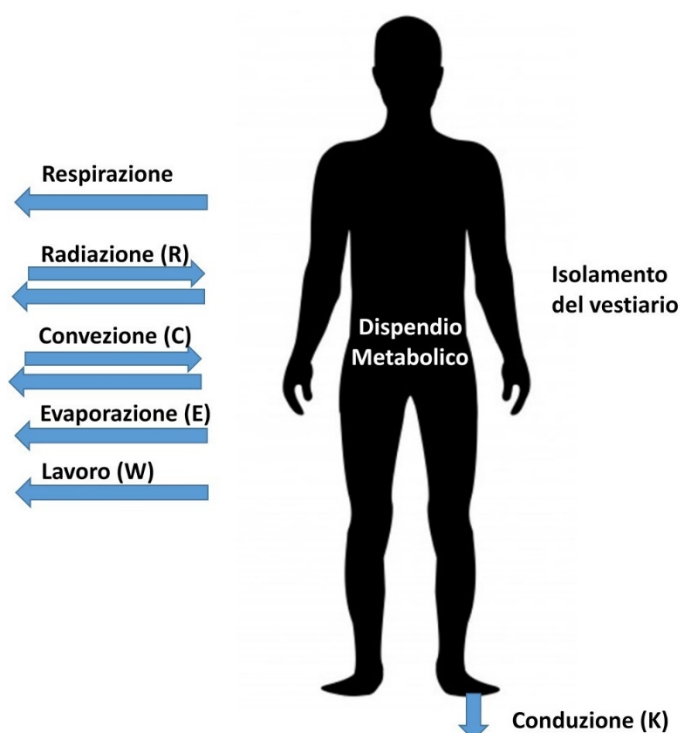


Figura 1 – Scambi termici del corpo umano con l'ambiente

$$S = M - W \pm R \pm C \pm K - E - C_{res} - E_{res} \quad (1)$$

Quando il valore  $S=0$  si raggiunge una condizione definita di omeotermia ed il lavoratore non subisce danni alla salute a causa di un surriscaldamento ( $S>0$ ) o di un raffreddamento ( $S<0$ ) degli organi interni. In ambienti severi caldi lo standard ISO 7933 (4) permette di calcolare l'indice PHS Predicted Heat Stress a partire dai parametri misurati nell'ambiente. Anche in questo caso è necessario tener conto dell'impegno metabolico relativo all'attività svolta mentre l'abbigliamento viene fissato ad una tipica combinazione estiva. L'indice esprime il tempo, espresso in minuti, necessario a raggiungere una delle due condizioni pericolose per la salute: una perdita di liquidi  $>3\%$  del peso corporeo o un valore di temperatura rettale  $>38^{\circ}\text{C}$ . Se l'indice calcolato è maggiore di 480 minuti (turno di lavoro di 8 ore) non c'è un pericolo per la salute e si può svolgere l'attività completa, mentre valori inferiori di 480 minuti stanno ad indicare il momento in cui il lavoratore deve interrompere il lavoro per evitare danni alla salute.

In ambienti severi freddi, come indicato nella norma tecnica ISO 11079 (5) i parametri misurati sono utilizzati per calcolare il valore dell'isolamento che il vestiario deve garantire per evitare danni alla salute per ipotermia al lavoratore.

Quando non è disponibile un capo di vestiario con il valore d'isolamento calcolato occorre determinare il DLE cioè tempo massimo oltre il quale si possono creare le condizioni per rischi alla salute ed il lavoratore deve cessare la sua attività. Se si intende far riprendere l'attività al lavoratore occorre calcolare un tempo di recupero RT. Una particolare attenzione viene dedicata alle parti del corpo che normalmente sono meno coperte come il viso e le mani per le quali viene calcolato l'indice (WCI) Wind Chill in cui la velocità dell'aria ha un peso notevole.

### **Misurazione dei parametri**

La strumentazione utilizzata per misurare i parametri ambientali con cui calcolare gli indici di valutazione deve essere conforme allo standard tecnico ISO 7726 (6). Lo stesso standard riporta anche indicazioni sulle corrette modalità di misura. I parametri necessari per la valutazione sono la temperatura dell'aria  $t_a$ , la temperatura radiante  $t_r$ , la velocità dell'aria  $V_a$  e il valore di umidità relativa UR.

Benché non ci sia un preciso obbligo di legge, la taratura degli strumenti di misura, come peraltro raccomandato normalmente dalle aziende costruttrici, dovrebbe avvenire almeno ogni 2 anni. Le tarature debbono essere effettuate presso laboratori accreditati per ciascuna delle grandezze da misurare.

Le misure dei parametri debbono essere rappresentative del luogo di lavoro e di eventuali situazioni che possono provocare discomfort locali. In molti casi basterà una singola misura al centro del locale, ma bisognerà anche valutare se le condizioni possono essere diverse durante la giornata al variare delle attività o semplicemente a causa dell'esposizione solare. Sul lungo periodo è necessario verificare la variabilità stagionale.

La temperatura dell'aria ( $t_a$ ) viene misurata in gradi centigradi ( $^{\circ}\text{C}$ ) mediante termometri digitali come pure l'umidità relativa (HR) misurata per confronto fra termometri a bulbo umido e bulbo asciutto ed espressa in percentuale (%). La temperatura radiante ( $t_r$ ) è calcolata a partire dalla temperatura di globo misurata da una sfera nera denominata globotermometro. Infine mediante un anemometro ad elica o ad elemento caldo, viene misurata la velocità dell'aria espressa in m/s. Per la verifica della presenza di discomfort locali può essere necessario utilizzare sensori specifici per la misura della temperatura di superficie o della asimmetria radiante.

Ai parametri misurati in ambiente occorre aggiungere due parametri cosiddetti soggettivi che sono il valore d'isolamento garantito dal vestiario utilizzato I misurato in Clo ed il dispendio metabolico relativo all'attività svolta M misurato in Met. Questi valori possono essere determinati analiticamente, ma vengono normalmente stimati utilizzando i valori tabellati allegati alle norme tecniche.

## DISCUSSIONE

La valutazione del rischio nei luoghi di lavoro deve partire da un preciso inquadramento dell'attività, un ufficio ad esempio non dovrebbe mai essere un ambiente a rischio per la salute perché le attività svolte non richiedono condizioni termo-igrometriche severe. Lo standard tecnico di riferimento sarà quindi solo la UNI EN ISO 7730 (2) e se il voto medio previsto calcolato sarà esterno alle classi di comfort occorrerà operare con soluzioni tecniche per ripristinare condizioni di comfort ottimale.

Se per il classico ufficio è più facile capire che non ci sono vincoli, per ambienti come i grossi capannoni per la logistica, il settore del commercio, le attività artigianali ecc. questo aspetto può essere meno evidente. Ambienti con grossi volumi o fortemente influenzati dal clima esterno possono essere di difficile classificazione, ma bisogna sempre chiedersi se si può ricondurre i parametri a valori compatibili con un valore di PMV ottimale. La valutazione non dovrà inoltre essere condizionata da considerazioni sulla complessità o il costo degli interventi necessari per ottenere il comfort.

Gli ambienti severi sono, quindi, solo quelli in cui esiste un vincolo che impedisce di garantire al lavoratore una condizione di comfort perché altrimenti si rischierebbe di modificare il prodotto finale. Se questa condizione è facile da accertare in una cella frigorifera per la lavorazione o la conservazione di prodotti freschi o surgelati, in molti altri luoghi di lavoro bisogna capire se una condizione termicamente stressante è effettivamente necessaria. In un ambiente severo si dovrà procedere alla valutazione secondo le norme tecniche ma è sempre necessario verificare se l'esposizione diretta del lavoratore al rischio può essere evitato o ridotto. Inoltre se l'ambiente è in realtà moderato non si potranno utilizzare gli indici di valutazione per ambienti severi che evidentemente risulteranno verificati. Va anche sottolineato che gli indici per ambienti moderati e quelli per ambienti severi non sono calcolati a partire dalle stesse considerazioni e non sono quindi collegati fra di loro. Un valore elevato di PMV, ad esempio, non è confrontabile con un valore ottimale di PHS (7).

## CONCLUSIONI

Il datore di lavoro deve valutare il rischio microclima affidandosi ad un tecnico che abbia la capacità di utilizzare al meglio gli indici di valutazione che la normativa tecnica suggerisce. È importante partire da una corretta classificazione dell'ambiente per capire se sono presenti vincoli produttivi o se eventuali discomfort termo-igrometrici sono solo l'effetto di malfunzionamenti o di errori progettuali. L'ambiente termo-igrometrico è alla base dell'iterazione tra lavoratore e luogo di lavoro e lo stato psicofisico che ne deriva può condizionare il livello di attenzione e della buona produttività. Il mantenimento di un ottimale stato di benessere risulta particolarmente necessario in ambienti di lavoro in cui è richiesta



una maggiore concentrazione come gli ambienti sanitari o tutte le attività strategiche. Una valutazione superficiale, attuata solo per assolvere agli obblighi di legge può rivelarsi controproducente perché investire in sicurezza sul lavoro è in realtà un maggior guadagno da parte del datore di lavoro grazie ad una migliore produzione ma anche in una riduzione dei costi che normalmente sono necessari a far fronte ad un infortunio, come le spese legali e soprattutto la sostituzione di lavoratori esperti.

## BIBLIOGRAFIA

1. del Gaudio M., Freda D., Lenzuni P., Sabatino R., Nataletti P. (2018). La valutazione del Microclima. Inail.
2. del Gaudio M., Freda D., Volpe M.G., Di Stasio M. (2018). Corretta alimentazione dei lavoratori esposti ad ambienti severi caldi. Atti del convegno dBA2018, 297-306).
3. AA.VV. ISO 7730 (2005). Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria
4. AA.VV. ISO 7933 (2004). Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain.
5. AA.VV. ISO 11079 (2007). Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects.
6. AA.VV. ISO 7726 (1998). Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities.
7. Lenzuni P., del Gaudio M. (2007) Thermal Comfort Assessment in Comfort-Prone Workplaces. *The Annals of Occupational Hygiene*, Volume 51, Issue 6, (543-551).