

**“IL MICROCLIMA”**

## RISCHI da AGENTI FISICI

**il MICROCLIMA** è il complesso dei parametri climatici che caratterizzano un ambiente di lavoro e condizionano il **benessere termico** dei lavoratori

condizione mentale di soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico

**L'insoddisfazione** può essere causata dal **disagio** per il caldo o per il freddo che prova il corpo nel suo complesso  
(UNI EN ISO 7730)

# **il MICROCLIMA**

```
graph TD; A[il MICROCLIMA] --> B[VALUTAZIONE DEI RISCHI  
-----  
MISURE DI PREVENZIONE]; A --> C[requisiti dei LUOGHI DI LAVORO]; B --> D[D.Lgs.81/08]; C --> D; D --> E[Titolo VIII- AGENTI FISICI  
Capo I  
Disposizioni generali]; D --> F[Titolo II  
LUOGHI DI LAVORO  
Allegato IV];
```

**VALUTAZIONE DEI  
RISCHI**

-----  
**MISURE DI  
PREVENZIONE**

**requisiti dei  
LUOGHI DI LAVORO**

**D.Lgs.81/08**

**Titolo VIII- AGENTI FISICI  
Capo I  
Disposizioni generali**

**Titolo II  
LUOGHI DI LAVORO  
Allegato IV**

**D.Lgs.81/08**

Titolo II

**LUOGHI DI LAVORO**

**ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO**

1.3.1. A meno che non sia richiesto diversamente dalle necessità della lavorazione, è vietato adibire a lavori continuativi locali chiusi che non rispondono alle seguenti condizioni:

1.3.1.1. essere ben difesi contro gli agenti atmosferici, e provvisti di un isolamento termico e acustico sufficiente, tenuto conto del tipo di impresa e dell'attività fisica dei lavoratori;

1.3.1.2. **avere aperture sufficienti per un rapido ricambio d'aria**

# il MICROCLIMA

## ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

### 1.9 Microclima

#### 1.9.1. Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi

1.9.1.1. Nei luoghi di lavoro chiusi, è necessario far sì che tenendo conto dei metodi di lavoro e degli sforzi fisici ai quali sono sottoposti i lavoratori, essi dispongano di **aria salubre** in quantità sufficiente ottenuta preferenzialmente **con aperture naturali e quando ciò non sia possibile, con impianti di areazione**

1.9.1.2. Se viene utilizzato un impianto di aerazione, esso deve essere sempre mantenuto funzionante. Ogni eventuale guasto deve essere segnalato da un sistema di controllo, quando ciò è necessario per salvaguardare la salute dei lavoratori.

### ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

1.9.1.3. Se sono utilizzati **impianti di condizionamento** dell'aria o di ventilazione meccanica, essi devono funzionare in modo che i lavoratori **non siano esposti a correnti d'aria** fastidiosa.

1.9.1.4. Gli stessi impianti devono essere periodicamente **sottoposti a controlli, manutenzione**, pulizia e sanificazione per la tutela della salute dei lavoratori.

1.9.1.5. Qualsiasi sedimento o sporcizia che potrebbe comportare un pericolo immediato per la salute dei lavoratori dovuto all'inquinamento dell'aria respirata deve essere eliminato rapidamente.

## ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

### 1.9.2. Temperatura dei locali

1.9.2.1. La temperatura nei locali di lavoro **deve essere adeguata** all'organismo umano durante il tempo di lavoro, tenuto conto dei metodi di lavoro applicati e degli sforzi fisici imposti ai lavoratori.

1.9.2.2. Nel giudizio sulla **temperatura** adeguata per i lavoratori si deve tener conto della influenza che possono esercitare sopra di essa il grado di **umidità** ed il **movimento dell'aria** concomitanti.

### ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

1.9.2.3. **La temperatura dei locali** di riposo, dei locali per il personale di sorveglianza, dei servizi igienici, delle mense e dei locali di pronto soccorso **deve essere conforme alla destinazione specifica** di questi locali.

1.9.2.4. Le finestre, i lucernari e le pareti vetrate devono essere tali da **evitare un soleggiamento eccessivo** dei luoghi di lavoro, tenendo conto del tipo di attività e della natura del luogo di lavoro.

## il MICROCLIMA

### ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

1.9.2.5. Quando non è conveniente modificare la temperatura di tutto l'ambiente, si deve provvedere alla difesa dei lavoratori contro le temperature troppo alte o troppo basse mediante **misure tecniche localizzate o mezzi personali di protezione**

...

1.9.3.1 Nei locali chiusi di lavoro delle aziende industriali nei quali l'aria è soggetta ad inumidirsi notevolmente per ragioni di lavoro, **si deve evitare**, per quanto è possibile, **la formazione della nebbia**, mantenendo la temperatura e l'umidità nei limiti minimi compatibili con le esigenze tecniche.

# il MICROCLIMA

## D.Lgs.81/08

### Titolo II LUOGHI DI LAVORO

#### ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

1.9.2. Temperatura dei locali

1.9.2.1. La temperatura nei locali di lavoro deve essere adeguata per i lavori da svolgere, tenendo conto delle condizioni di lavoro applicati e degli sforzi da compiere. Non deve essere inferiore a quella adeguata per i lavori da svolgere, tenendo conto dell'umidità ed il

**NON** forniscono  
valori limite per i  
parametri  
microclimatici

si fa riferimento a Linee Guida, Buone Prassi e agli standard prodotti dagli Enti di normazione nazionale ed internazionale che rappresentano le

***"norme di buona tecnica"***

...  
1.9.2.2. In aziende industriali nei quali si verificano notevoli variazioni di temperatura, si deve evitare, per quanto possibile, di mantenere la temperatura e l'umidità nei limiti minimi compatibili con le esigenze tecniche.

# il MICROCLIMA

## D.Lgs.81/08

### Art. 2. (Definizioni)

1. Ai fini ed agli effetti delle disposizioni di cui al presente decreto legislativo si intende per:

- u) **norma tecnica**: specifica tecnica, approvata e pubblicata da un'organizzazione internazionale, da un organismo europeo o da un organismo nazionale di normalizzazione, la cui osservanza non sia obbligatoria;
- v) **buone prassi**: soluzioni organizzative o procedurali coerenti con la normativa vigente e con le norme di buona tecnica, adottate volontariamente e finalizzate a promuovere la salute e sicurezza sui luoghi di lavoro attraverso la riduzione dei rischi e il miglioramento delle condizioni di lavoro, elaborate e raccolte dalle regioni, dall'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza del lavoro (ISPESL), dall'Istituto nazionale per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro (INAIL) e dagli organismi paritetici di cui all'articolo 51, validate dalla Commissione consultiva permanente di cui all'articolo 6, previa istruttoria tecnica dell'ISPESL, che provvede a assicurarne la più ampia diffusione;
- z) **linee guida**: atti di indirizzo e coordinamento per l'applicazione della normativa in materia di salute e sicurezza predisposti dai Ministeri, dalle regioni, dall'ISPESL e dall'INAIL e approvati in sede di Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano;

# il MICROCLIMA



COORDINAMENTO  
TECNICO  
INTERREGIONALE  
DELLA PREVENZIONE  
NEI LUOGHI DI LAVORO

Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro  
delle Regioni e delle Province autonome

## Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro

Requisiti e standard  
Indicazioni operative e progettuali

### Linee Guida

in collaborazione con



Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro

## Valori di RA

1. Uffici, ambulatori, mense, locali di riposo, aule, locali di degenza:  $RA \geq 1/8$  della superficie del pavimento
2. Locali adibiti ad attività lavorative diverse dalle precedenti, compresi i magazzini e gli archivi, occupati da lavoratori:  $RA \geq 1/16$  se di superficie inferiore a 1.000 mq,  $RA \geq 1/20$  se di superficie compresa tra 1.000 e 3.000 mq,  $RA \geq 1/24$  se di superficie maggiore di mq 3.000
3. Locali con posti di lavoro non continuativo  $RA \geq 1/30$ .

### **Ricambi d'aria**

- **apporto di aria di rinnovo, cioè aria nuova non riciclata (ASHRAE/ANSI 62-89)**
- **purezza dell'aria immessa (ASHRAE/ANSI 62-89)**
- **immissione dell'aria dal soffitto con maggior numero di bocchette per diminuirne la velocità**
- **ripresa dell'aria posta in basso con aspirazione meccanica per favorire un completo ricambio**
- **presa dell'aria esterna localizzata il più lontano possibile da fonti di inquinamento**

## il MICROCLIMA

# VOLUMI DI ARIA DI RINNOVO

Ambiente	occupazione prevista [pers./100m <sup>2</sup> ]	portata d'aria di ventilazione [m <sup>3</sup> /h pers.]	
		minima	raccomandabile
uffici generici	10	25.5	25.5-42.5
sale riunioni	65	42.5	51.0-68.0
sale disegnatori	21	12	17.0-25.5
centri meccanografici	32	8.5 (divieto di fumo)	12.0-17.0
reparti vendita grandi magazzini	20-30	12	17.0-25.5
mensa	75	17	25.5-34

## **AMBIENTE MODERATO**

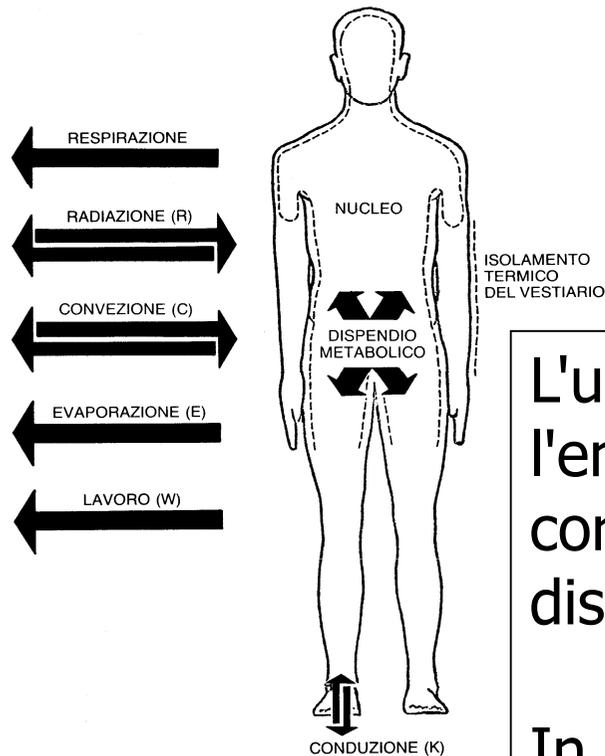
non esistono specifiche esigenze produttive che vincolano uno o più parametri che possono impedire il raggiungimento del comfort

esigenze produttive (forni, celle frigo, ciclo alimentare del freddo) o condizioni climatiche esterne (agricoltura, edilizia, cave)

**AMBIENTE SEVERO FREDDO**

**AMBIENTE SEVERO CALDO**

# Bilancio energetico del corpo umano



L'uomo è in **equilibrio termico** quando l'energia termica generata all'interno del corpo è uguale all'energia termica dispersa nell'ambiente.

In un **ambiente moderato** il sistema di **termoregolazione** del corpo umano cerca di modificare automaticamente la temperatura della pelle e la secrezione di sudore per mantenere l'equilibrio termico.

# Parametri misurabili

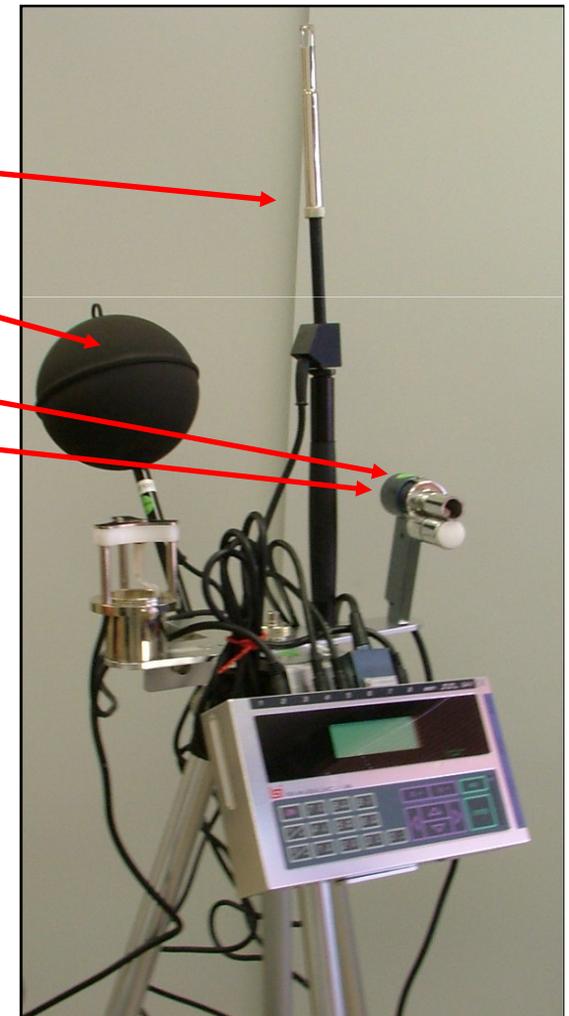
I termini dell'equazione sono riconducibili ai seguenti parametri:

❖ **Quantità fisiche che caratterizzano l'ambiente da un punto di vista termo – igro – anemometrico:**

- $V_a$  = Velocità aria (m/s)
- $t_r$  = Temperatura media radiante (°C)
- $t_a$  = Temperatura dell'aria (°C)
- RH = Umidità relativa (%)
- TU = turbolenza aria (%)

❖ **Quantità riconducibili alle caratteristiche del singolo individuo:**

- Isolamento termico del vestiario
- Attività metabolica



# AMBIENTE MODERATO

**UNI EN ISO 7730:2006** Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale

Il PMV si basa sul presupposto, tratto da studi sperimentali, che la **CONDIZIONE DI BENESSERE TERMICO** per la maggior parte degli individui si ottiene quando il bilancio termico e' in equilibrio e la temperatura cutanea media ed il calore dissipato per evaporazione del sudore variano entro limiti ben ristretti corrispondenti, di fatto, ad una **sollecitazione moderata del sistema di termoregolazione**

## UNI EN ISO 7730

Il PMV è un indice che predice il valore medio dei voti di un consistente gruppo di persone sulla seguente scala di sensazione termica a 7 punti:

<b>SENSAZIONE TERMICA</b>	<b>VOTO</b>
<b>Molto caldo</b>	<b>+3</b>
<b>Caldo</b>	<b>+2</b>
<b>Leggermente caldo</b>	<b>+1</b>
<b>Neutrale</b>	<b>0</b>
<b>Leggermente freddo</b>	<b>- 1</b>
<b>Freddo</b>	<b>- 2</b>
<b>Molto freddo</b>	<b>- 3</b>

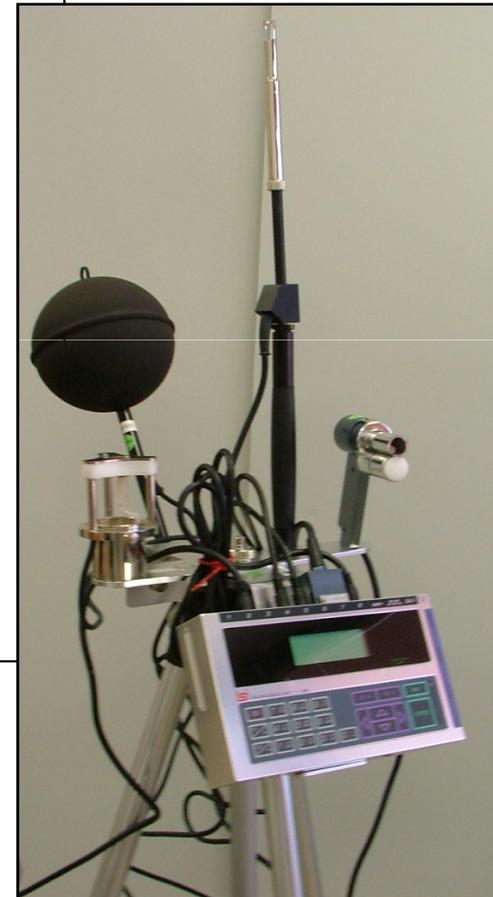
## UNI EN ISO 7730

L'indice PMV può essere determinato quando sono stimati:

- attività (energia metabolica)
- abbigliamento (resistenza termica)

e misurati i seguenti parametri ambientali:

- temperatura dell'aria
- temperatura media radiante
- velocità relativa dell'aria
- pressione parziale del vapore d'acqua



## UNI EN ISO 7730

Intervallo di applicabilità degli indici di Fanger (PPD e PMV)

Quantità	Simbolo	Intervallo di applicabilità
Temperatura dell'aria	$t_a$	10 – 30 °C
Temperatura media radiante	$t_r$	10 – 40 °C
Velocità dell'aria	$v_a$	0 – 1 m/sec
Pressione del vapore acqueo	$p_a$	0 – 2700 Pa
Attività metabolica	M	0,8 – 4 met
Resistenza termica del vestiario	$I_{cl}$	0 – 2 clo

**Requisiti di benessere termico raccomandati dalla UNI EN ISO 7730:**

$$\text{PPD} < 10\%$$

$$-0,5 < \text{PMV} < +0,5$$

$$\text{RH} = 30\% - 70\%$$

**UNI EN ISO 7730**



## **ENERGIA METABOLICA PER DIVERSE ATTIVITÀ**

### **Energia metabolica**

Attività	Energia metabolica	
	W/m <sup>2</sup>	met
Disteso	46	0,8
Seduto, rilassato	58	1,0
Attività sedentaria (ufficio, casa, scuola, laboratorio)	70	1,2
Attività leggera in piedi (compere, laboratorio, industria leggera)	93	1,6
Attività media in piedi (commesso, lavori domestici, lavori a macchina)	116	2,0
Camminare a:		
2 km/h	110	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

**UNI EN ISO 7730**

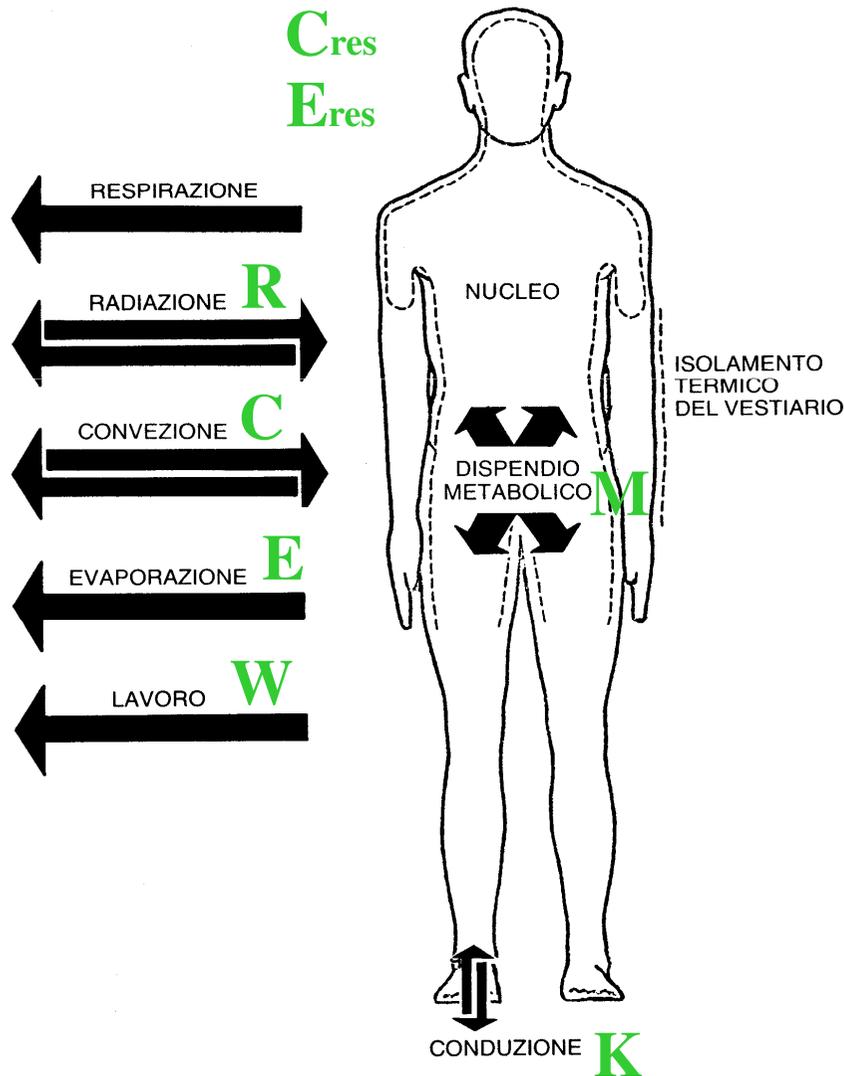


## **RESISTENZA TERMICA DELL'ABBIGLIAMENTO**

<b>DESCRIZIONE CAPO</b>	<b>RESISTENZA TERMICA clo</b>
<b>Maglie - bluse</b>	
Maniche corte	0,15
Leggera, a maniche lunghe	0,20
Normale, a maniche lunghe	0,25
Di flanella, a maniche lunghe	0,30
<b>Abbigliamento per esterno</b>	
Cappotto	0,60
Sotto-giacca	0,55
Parka	0,70
Tuta	0,55

# Bilancio energetico del corpo umano

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



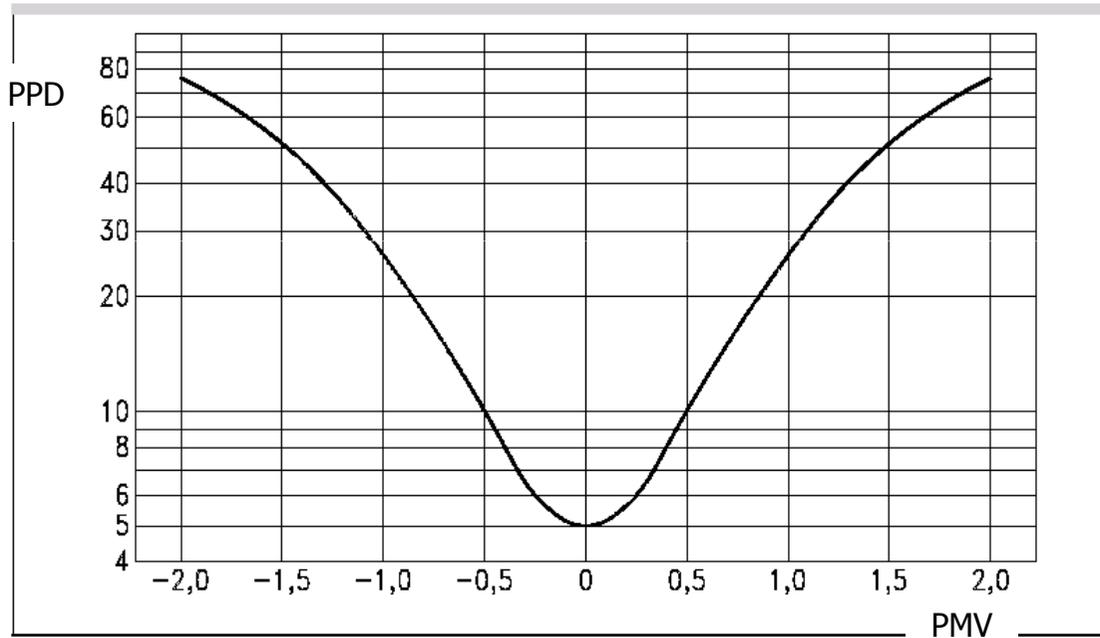
**S=0** → omeotermia

**S>0** → sensazione di caldo

**S<0** → sensazione di freddo

## UNI EN ISO 7730

- ❑ PMV: voto medio previsto
- ❑ PPD: previsione del numero di persone insoddisfatte



**Percentuale prevista  
di insoddisfatti (PPD)  
in funzione del voto  
medio previsto (PMV)**

## UNI EN ISO 7730

La condizione di PMV compreso tra **-0.5 e +0.5** rappresenta una condizione necessaria ma non sufficiente per il comfort.

Devono infatti essere assenti anche disuniformità delle variabili ambientali, in grado di dare **disagio ad aree localizzate del corpo**, quali:

- elevato gradiente verticale di temperatura
- pavimento troppo caldo o troppo freddo
- correnti d'aria
- elevata asimmetria media radiante

# AMBIENTE SEVERO CALDO

Quando i meccanismi di termoregolazione non sono più sufficienti a mantenere l'equilibrio termico, la temperatura del nucleo corporeo si innalza provocando manifestazioni patologiche anche gravi che possono avere **conseguenze fatali**

a **42.0°**: alterazioni cerebrali irreversibili

## NORME TECNICHE PER LA VALUTAZIONE

UNI EN 27243:1996 Ambienti caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT

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 (PHS)

# UNI EN 27243

## VALORI LIMITE DELL'INDICE DI STRESS TERMICO WBGT

Classe di tasso metabolica	Tasso metabolico, $M$		Valore limite di WBGT			
	Relativa ad un'area unitaria di superficie della pelle $W/m^2$	Totale (per un'area media della superficie della pelle di $1,8 m^2$ ) $W$	Persona acclimatata al calore $^{\circ}C$		Persona non acclimatata al calore $^{\circ}C$	
0 (a riposo)	$M \leq 65$	$M \leq 117$	33		32	
1	$65 < M \leq 130$	$117 < M \leq 234$	30		29	
2	$130 < M \leq 200$	$234 < M \leq 360$	28		26	
3	$200 < M \leq 260$	$360 < M \leq 468$	Aria stagnante 25	Aria non stagnante 26	Aria stagnante 22	Aria non stagnante 23
4	$M > 260$	$M > 468$	23	25	18	20

*Nota - I valori dati sono stati stabiliti prendendo come riferimento una temperatura rettale massima di 38 °C per le persone in esame.*

# **OBIETTIVO: evitare il superamento della temperatura del nucleo oltre i **38°C****

## **INTERVENTI TECNICI :**

- INTERVENTI SULLE SORGENTI: compartimentazione (quando si ha forte irraggiamento); schermature assorbenti e/o riflettenti; coibentazione; sistemi localizzati di aspirazione dell'aria
- INTERVENTI SULLE ZONE DI LAVORO: Cabnature; Raffrescamento localizzato

## **ACCORGIMENTI ORGANIZZATIVI :**

- acclimatamento progressivo
- caratteristiche del vestiario
- numero e durata dei periodi di **permanenza nell'ambiente operativo**
- somministrazione bevande

***non sottovalutare mai segni o sintomi dei disturbi correlati con il calore!***

# AMBIENTE SEVERO FREDDO

Quando i meccanismi di termoregolazione non sono più sufficienti a mantenere l'equilibrio termico, la temperatura del nucleo corporeo si abbassa provocando manifestazioni patologiche anche gravi (assideramento) che possono avere **conseguenze fatali**



**I lavoratori devono essere protetti dall'esposizione al freddo in modo tale che la temperatura rettale non scenda sotto i 36°C**

## **NORMA TECNICA PER LA VALUTAZIONE**

UNI EN ISO 11079:2008 Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale

Temperatura interna °C	Sintomi clinici
37,6	Temperatura rettale "normale"
37,0	Temperatura orale "normale"
36,0	Il metabolismo basale aumenta nel tentativo di compensare la cessione di calore
35,0	Massima intensità dei brividi
34,0	Vittima pienamente cosciente, pressione arteriosa normale
33,0	Ipotermia grave al di sotto di questa temperatura
32,0-31,0	Obnubilamento della coscienza; pressione sanguigna difficilmente rilevabile; pupille dilatate ma reattive alla luce; i brividi cessano
30,0-29,0	Perdita progressiva di coscienza; incrementata rigidità muscolare; polso e pressione sanguigna difficili da rilevare; diminuisce la frequenza respiratoria
28,0	Possibile fibrillazione ventricolare da irritabilità miocardica
27,0	La motilità volontaria cessa; pupille non reattive alla luce; riflessi superficiali e profondi assenti
26,0	Vittima raramente cosciente
25,0	Possibilità di fibrillazione ventricolare spontanea
24,0	Edema polmonare
22,0-21,0	Rischio massimo di fibrillazione ventricolare
20,0	Arresto cardiaco
18,0	Grado massimo di ipotermia accidentale alla quale il paziente può sopravvivere
17,0	Elettroencefalogramma isoelettrico
9,0	Grado massimo di ipotermia per raffreddamento artificiale a cui il paziente può sopravvivere



da American Family Physician, 1982

l'esposizione a basse temperature di parti superficiali porta al congelamento dei tessuti che portano fino alla gangrena



I **TLV** DELL'ACGIH si prefiggono di proteggere i lavoratori contro gli effetti più gravi dello stress da freddo (ipotermia) e dal danno da freddo.

Obiettivi:

- prevenire temperature corporee al di sotto di 36 °C
- tutelare contro il danno da freddo alle estremità
- per una esposizione singola occasionale si può accettare un abbassamento della temperatura corporea interna fino ad un valore non inferiore a 35 °C
- particolare attenzione a mani, piedi, testa

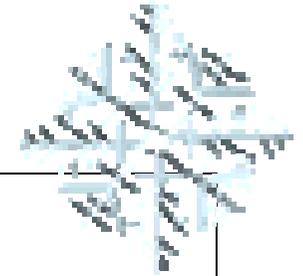
# I TLV ACGIH



Temperatura aria giornata soleggiata		Vento trascurabile		Vento 2,2 m/s		Vento 4,4 m/s		Vento 6,6 m/s		Vento 8,8 m/s	
°C approssimati da	a	$t_{lav}$ max minuti	pause n°								
-26	-28	normale	1	normale	1	75	2	55	3	40	4
-29	-31	normale	1	75	2	55	3	40	4	30	5
-32	-34	75	2	55	3	40	4	30	5	(!)	
-35	-37	55	3	40	4	30	5	(!)		↓	
-38	-39	40	4	30	5	(!)		↓		↓	
-40	-42	30	5	(!)		↓		↓		↓	
-43	valori inferiori	(!)		↓		↓		↓		↓	

Valori per tempi di lavoro ( $t_{lav}$ )/pause di riscaldamento per turni di 4 ore

(!) il lavoro, che non sia di emergenza, deve essere interrotto



## Raccomandazioni (ACGIH):

- nelle sale frigorifere velocità dell'aria max 1m/s
- gli indumenti devono essere scelti anche in funzione della velocità dell'aria
- possono essere necessari DPI per gli occhi (terreni ghiacciati e UV)
- i lavoratori con patologie o in cura con farmaci che possono alterare la normale termoregolazione non possono essere adibiti a temperature  $<1^{\circ}\text{C}$