

CORSO Titolo IV D.Lgs. 81/2008
“ Cantieri temporanei e mobili”

Ordine Ingegneri Trapani

MICROCLIMA

25 MARZO 2014

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



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 le attività di lavoro applicati e degli sforzi compiuti.

1.9.2.2. La temperatura deve essere adeguata per i lavori particolarmente faticosi, tenendo conto di umidità ed il tipo di lavoro.

1.9.2.3. La temperatura dei locali per il riposo deve essere confortevole.

1.9.2.4. La temperatura dei locali per il riposo deve essere confortevole.

1.9.2.5. La temperatura dei locali per il riposo deve essere confortevole.

1.9.2.6. La temperatura dei locali per il riposo deve essere confortevole.

1.9.2.7. La temperatura dei locali per il riposo deve essere confortevole.

1.9.2.8. La temperatura dei locali per il riposo deve essere confortevole.

1.9.2.9. La temperatura dei locali per il riposo deve essere confortevole.

1.9.2.10. La temperatura dei locali per il riposo deve essere confortevole.

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"**

il MICROCLIMA



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 ²]	portata d'aria di ventilazione [m ³ /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

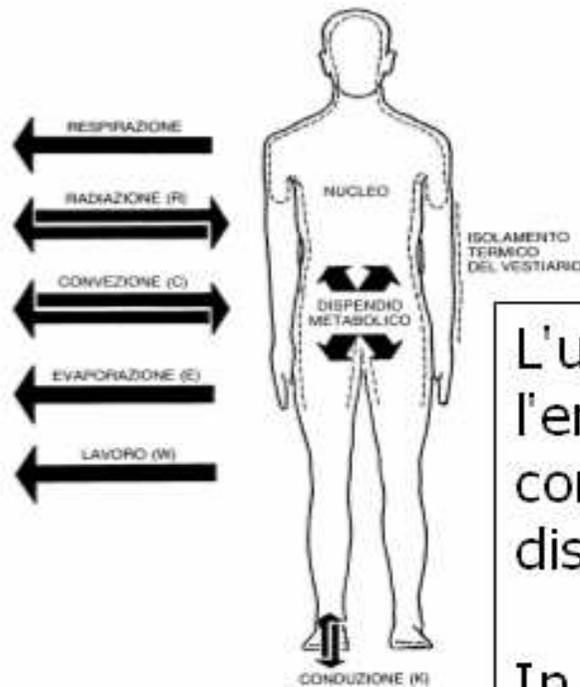
non esistono specifiche esigenze produttive che vincolano uno o più parametri che possono impedire il raggiungimento del comfort

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

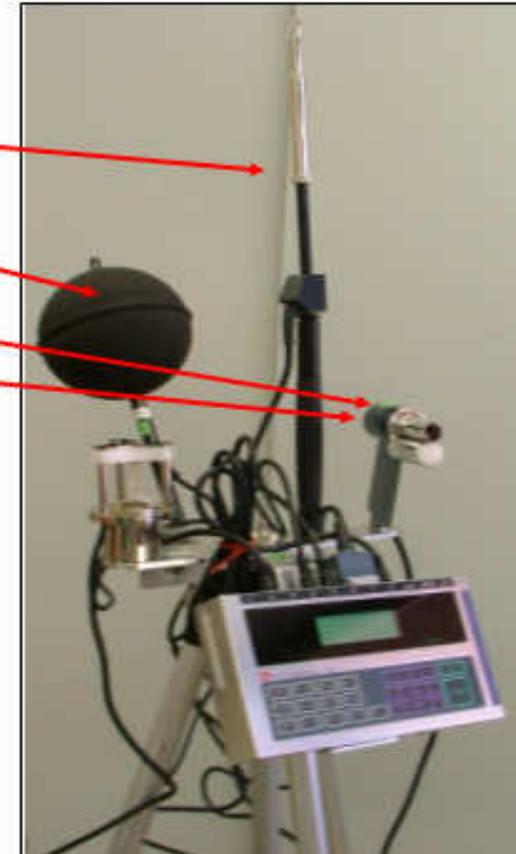
I termini dell'equazione sono riconducibili ai seguenti parametri:

❖ **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 ($^{\circ}\text{C}$)
- t_a = Temperatura dell'aria ($^{\circ}\text{C}$)
- 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:

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

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:

PPD < 10%

-0,5 < PMV < +0,5



ENERGIA METABOLICA PER DIVERSE ATTIVITÀ

Energia metabolica

Attività	Energia metabolica	
	W/m ²	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

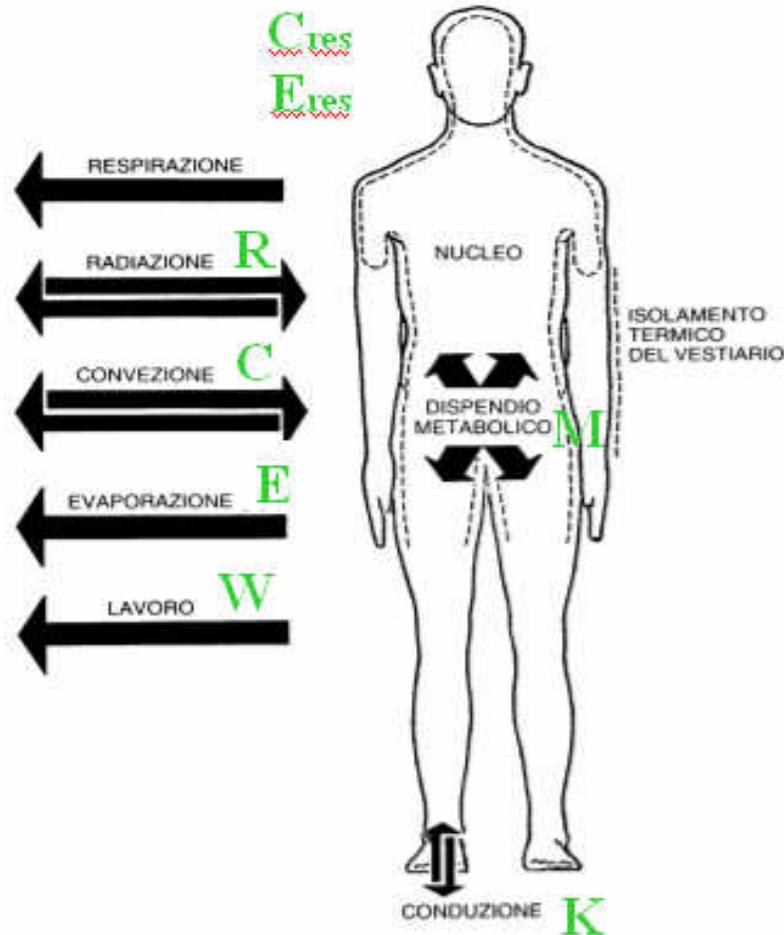


RESISTENZA TERMICA DELL'ABBIGLIAMENTO

DESCRIZIONE CAPO	RESISTENZA TERMICA clo
Maglie - bluse	
Maniche corte	0,15
Leggera, a maniche lunghe	0,20
Normale, a maniche lunghe	0,25
Di flanella, a maniche lunghe	0,30
Abbigliamento per esterno	
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

L'equazione che descrive il bilancio energetico sul corpo umano in termini di energia per unità di tempo (e dunque di potenza) è la seguente:

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

dove:

M = potenza termica prodotta dai processi metabolici (nelle più recenti normative viene usato il termine “metabolismo energetico”);

W = potenza meccanica impegnata per compiere lavoro meccanico;

C_{RES} = potenza termica scambiata nella respirazione per convezione;

E_{RES} = potenza termica scambiata nella respirazione per evaporazione;

K = potenza termica scambiata per conduzione;

C = potenza termica scambiata per convezione;

R = potenza termica scambiata per irraggiamento;

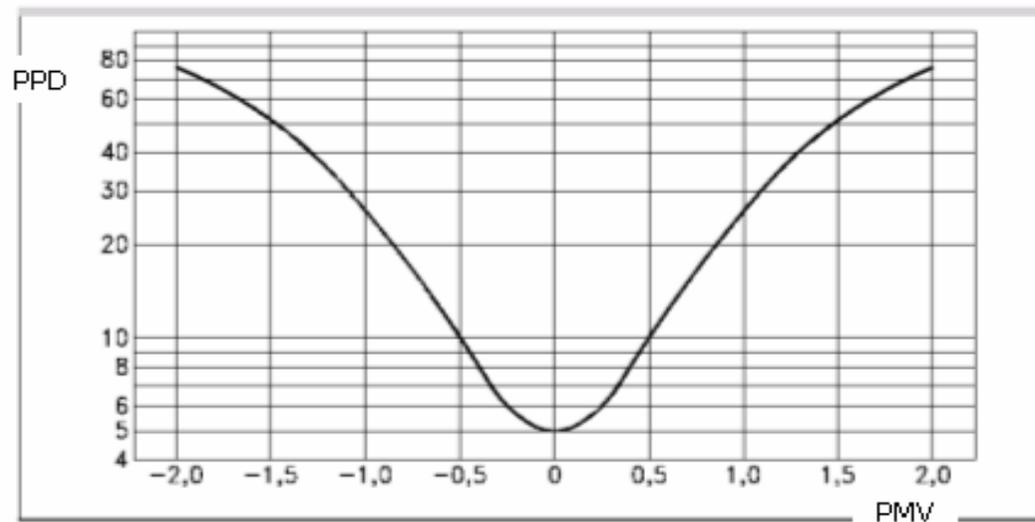
E = potenza termica ceduta per evaporazione (traspirazione e sudorazione);

S = differenza tra la potenza termica acquisita e dissipata dal corpo umano.

I termini C_{RES} , E_{RES} , K, C, R sono preceduti dal segno + se nello scambio termico si ha guadagno netto di energia, e viceversa sono preceduti dal segno – se si ha perdita netta di energia. Quando $S = 0$ viene stabilita la condizione di omeotermia con conseguente sensazione termicamente neutra. Se $S > 0$ la potenza termica in ingresso è maggiore di quella in uscita, con conseguente sensazione di caldo. Se $S < 0$ al contrario, la potenza termica in ingresso è minore di quella in uscita, con conseguente 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)

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)

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 $38^{\circ}C$ per le persone in esame.

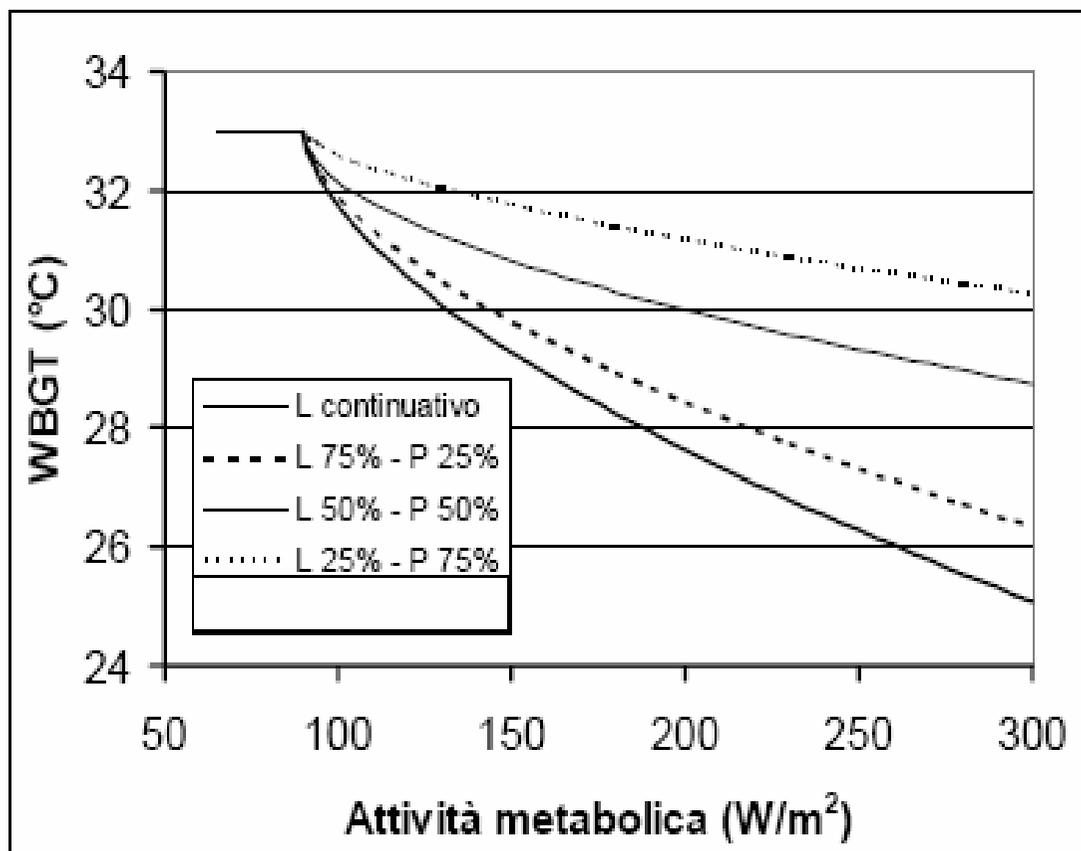


Figura Valori limite di WBGT in funzione dell'attività metabolica.
(L=lavoro; P=pausa)

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: Cabinature; Raffrescamento localizzato

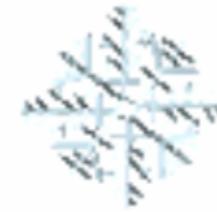
ACCORGIMENTI ORGANIZZATIVI :

- 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**

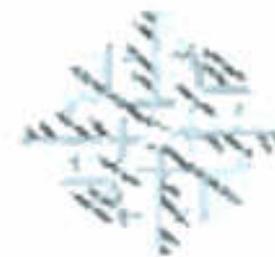


I lavoratori devono essere protetti dall'esposizione al freddo in modo tale che la temperatura rettale non scenda sotto i 36°C

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

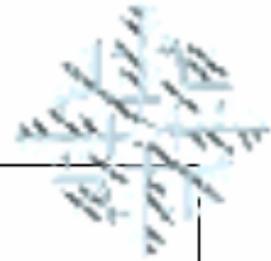
l'esposizione a basse temperature di parti superficiali porta al congelamento dei tessuti che portano fino alla gangrena



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



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 $<1^{\circ}\text{C}$

Effetti e danni della temperatura

Caldo:

- ❑ Calo delle prestazioni intellettive, di attenzione e prontezza, difficoltà nello svolgere attività fisiche pesanti
- ❑ Aumento della sudorazione
- ❑ Aggravio di lavoro per il cuore
- ❑ Irascibilità e convulsioni
- ❑ Fenomeni cutanei di surriscaldamento scottature
- ❑ Spossatezza, vertigini, nausea, vomito, cefalea
- ❑ Perdita di conoscenza, edema, collasso

Effetti e danni della temperatura

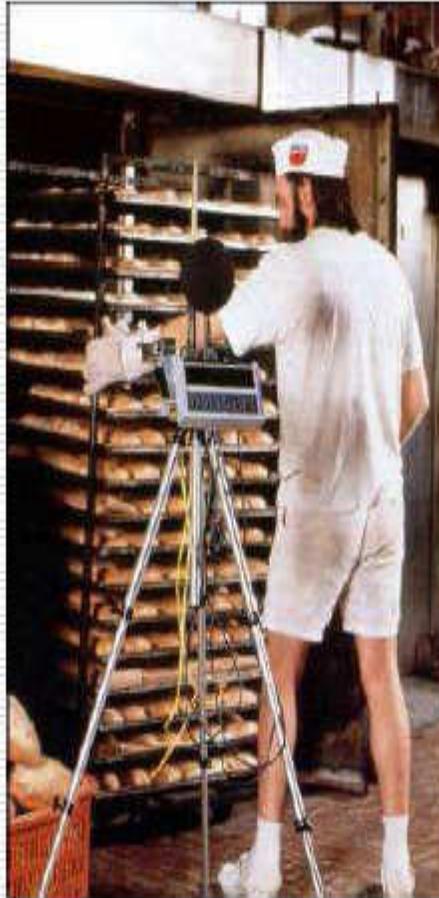
Freddo:

- Intorpidimento delle estremità
- Brividi
- Effetti cutanei simili a scottature, geloni
- Tachicardia
- Iperglicemia
- Trombosi, coma
- A livelli profondi l'ipotermia può comportare danni al pancreas, assideramento, morte

Ambienti moderati



Ambienti severi caldi



dott. ing. vincenzo nastasi

Ambienti severi freddi



DPI per ambienti severi freddi

- ❑ Dopo aver attentamente valutato l'ambiente di lavoro ed aver minimizzato il rischio attraverso interventi di riduzione alla fonte, è normalmente necessaria l'adozione di DPI che proteggano il lavoratore dagli effetti degli ambienti termici sulla sua salute per tutto il tempo richiesto dallo svolgimento dell'attività
- ❑ Tutti i DPI devono essere conformi alla direttiva 89/686/CEE, recepita in Italia dal D.Lgs. 475/92, aggiornata dal D.Lgs. 10/97 e devono riportare impresso il marchio CE
- ❑ I requisiti generali previsti cui devono rispondere gli indumenti di protezione sono indicati dalla UNI EN 340:2004

DPI per ambienti severi freddi



DPI per ambienti di lavoro severi caldi

- ❑ Pittogramma di uno scudo con dentro una fiamma come in figura
- ❑ Sono classificati in base a prove il cui risultato è riportato in sintesi con una lettera compresa fra A e E
- ❑ Le lettere che indicano la protezione dal calore sono la B (convezione) e la C (irraggiamento)
- ❑ Il numero che accompagna la lettera indica il livello di protezione



DPI per ambienti di lavoro severi caldi

- **In generale i DPI costituiti da più strati di tessuto e in grado di trattenere l'aria tra gli stessi hanno migliore resistenza**

Protezione delle mani

- La protezione delle mani dal fuoco e dal calore può avvenire attraverso guanti conformi alla norma UNI EN 407:1994. I guanti sono classificati in base alla resistenza al fuoco, al calore convettivo, al calore radiante ed agli spruzzi piccoli e grandi di metalli fusi mediante un codice di sei cifre affiancato al pittogramma di resistenza a fuoco e calore.