

**Corso di formazione R.S.P.P.
D.Lgs. 81/2008 e Accordo Stato Regioni del 07.07.2016**

**Modulo B COMUNE
Corso Base per R.S.P.P. e A.S.P.P**

UD 8 - AGENTI FISICI

MICROCLIMA

William Montorsi
SPSAL Reggio Emilia

2020

PRINCIPALI DEFINIZIONI

CLIMA:	risultato dei fattori meteorologici (temperatura, umidità, pressione, ventilazione, rad. solari, ecc.) che incidono sull'ambiente in cui viviamo e sugli ambienti di lavoro ESTERNI. Il clima influisce sulle abitudini, l'alimentazione, l'attività lavorativa, lo stato di benessere e di salute, ecc.
---------------	--

MICROCLIMA:	complesso dei parametri climatici degli ambienti chiusi o confinati (temp. aria, umid. relat., vel. aria, temp. media radiante) e di purezza/salubrità dell'aria che influenzano gli scambi termici tra uomo ed ambiente di vita o di lavoro.
--------------------	---

PRINCIPALI DEFINIZIONI

AMBIENTE "INDOOR"

L'espressione "ambiente indoor" è riferita agli ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali ed in particolare, a quelli adibiti a dimora, svago, lavoro e trasporto. Secondo questo criterio ambiente indoor comprende: abitazioni, uffici pubblici e privati, ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche, i locali destinati ad attività ricreative e/o sociali (cinema, bar, ristoranti negozi) mezzi di trasporto pubblici e privati.

CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI MICROCLIMATICI

- **AMB. TERMICI MODERATI:** condizioni amb.li che favoriscono la realizzazione del comfort termico del soggetto mediante **un modesto impiego dei mecc. di termoregolazione** dell'organismo umano (es.: uffici, laboratori, attività comm.li);
- **AMB. TERMICI CALDI:** condizioni per le quali occorre **un notevole intervento dei mecc. di termoregolazione** per diminuire l'accumulo di calore dovuto allo scambio uomo/ambiente (es.: fonderie, forni per ceramiche, officina di tempra);
- **AMB. TERMICI FREDDI:** condizioni per le quali occorre **un sensibile intervento dei mecc. di termoregolazione** per limitare l'eccessiva diminuzione della temperatura corporea (nucleo e diversi distretti) (es.: macelli e lab. lavorazione carni, magazzini di ferrosi non riscaldati).

PRINCIPALI DEFINIZIONI

COMFORT TERMICO:



condizione **psico-fisica** che esprime soddisfazione per l'ambiente termico e dove il mantenimento della neutralità termica (ne' aumento ne' diminuzione della temp. corporea interna \Rightarrow **omeotermia**) è ottenuto **senza che intervenga** (o grazie ad un intervento **molto limitato**) il sistema **termoregolatore** dell'organismo.

PRINCIPALI DEFINIZIONI

MECCANISMI DI TERMOREGOLAZIONE

➤ FISIOLGICI

- VARIAZIONE FLUSSO SANGUIGNO
- SUDORAZIONE
- BRIVIDI

➤ COMPORTAMENTALI

- VELOCITA' ARIA
- VESTIARIO
- MOVIMENTO

PRINCIPALI DEFINIZIONI

CON UN MAGGIORE INTERVENTO
DEI MECC. TERMOREGOLATORI



DISCOMFORT TERMICO:
(più o meno marcato a seconda dell'intervento richiesto per ottenere il comfort termico)

STRESS CALORICO:
(quando il sistema termoreg. non è più sufficiente per ottenere il comfort termico)

PRINCIPALI DEFINIZIONI

OMEOTERMIA:	mantenimento della temperatura corporea interna (o del nucleo) ad opera del centro dell'equilibrio termico (ipotalamo) caratteristico degli animali a sangue caldo.
--------------------	--



1) TEMP. VISCERALE T_v (o del nucleo) = COSTANTE:
corrisponde alla temperatura **RETTALE** ($36,7 \pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$) (sec. Ivy) anche se non è omogenea nei vari distretti.

PRINCIPALI DEFINIZIONI

2) TEMP. CUTANEA Tcut: varia sensibilmente in quanto è esposta allo scambio uomo/ambiente, anche nello stesso distretto in rapporto alle esigenze fisiologiche; è notevolmente influenzata dall'uso dei vari indumenti.

distretto	%	distretto	%
- testa	7	- cosce	19
- mani	5	- gambe	13
- braccia	14	- piedi	7
- tronco	35		

3) TEMP. CORPOREA MEDIA (Tmc):

$$Tmc = 0,65 Tv + 0,35 Tmcut$$

PRINCIPALI DEFINIZIONI (sec. UNI 10339)

CLIMATIZZAZIONE: realizzazione e mantenimento simultaneo negli ambienti delle condizioni termiche, igrometriche, di qualità movimento dell'aria comprese entro i limiti di benessere delle persone;

CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA: trattamento volto a conseguire la qualità dell'aria e le caratteristiche termoigrometriche richieste;

TERMOVENTILAZIONE: realizzazione e mantenimento simultaneo negli ambienti delle condizioni termiche, di qualità movimento dell'aria comprese entro i limiti di benessere delle persone, escluso il controllo igrometrico;

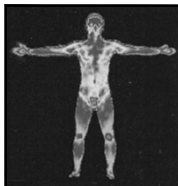
VENTILAZIONE: realizzazione e mantenimento negli ambienti delle condizioni di qualità movimento dell'aria comprese entro i limiti di benessere delle persone, escluso il controllo termoigrometrico.

GLI SCAMBI TERMICI UOMO/AMBIENTE

UN ORGANISMO
 è SISTEMA TERMICO con flussi di energia
 (calore) in ingresso (produzione di energia al suo interno)
 ed in uscita attraverso la sua superficie corporea.



EFFETTO COMPLESSIVO 0 → AUMENTO T.
 → DIMINUZIONE T.



Scambio termico uomo-ambiente

W = cessione o assorbimento di energia meccanica

C = convezione con aria ambiente

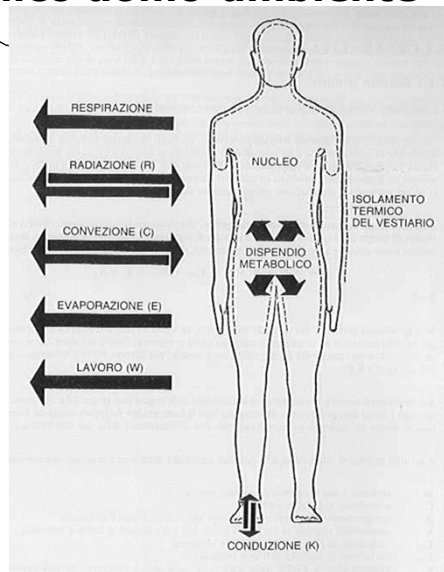
R = irraggiamento nei confronti di corpi che costituiscono l'ambiente

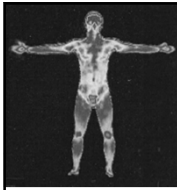
E = Evaporazione a livello di cute, che coinvolge i fenomeni di sudorazione e di traspirazione insensibile

K = Conduzione rispetto ai corpi solidi con cui l'organismo si trova a contatto

C_{res} = Variazione di temperatura dell'aria respirata

E_{res} = Variazione di umidità dell'aria respirata





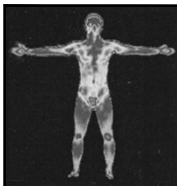
Equazione di bilancio termico

$$M + W + C + R + E (+ C_{res} + E_{res} + K) = S$$

SE $S = 0$ situazione di omeotermia

SE $S > 0$ situazione di ipertermia

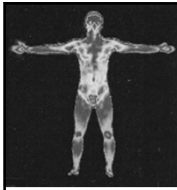
SE $S < 0$ situazione di ipotermia



omeotermia

**L'UOMO E' IN EQUILIBRIO TERMICO;
L'ENERGIA TERMICA GENERATA
ALL'INTERNO DEL CORPO E' UGUALE
ALL'ENERGIA TERMICA DISPERSA
NELL'AMBIENTE. (S=0).**

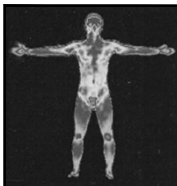
*Queste condizioni sono necessarie per la
sopravvivenza in quanto il nucleo corporeo
deve rimanere a temperatura costante
($36,7 \pm 0,2^\circ\text{C}$)*



Ipertermia

Il corpo è posto in ambiente caldo l'organismo non riesce a eliminare il calore in eccesso, $s > 0$.

L'ORGANISMO risponde riducendo il metabolismo, aumentando la temperatura della pelle attraverso vasodilatazione e aumentando la secrezione del sudore. in ambienti estremi può sopravvenire colpo di calore o disidratazione .



Ipotermia

L'uomo non è in equilibrio termico, il corpo è posto in un ambiente freddo, troppo calore esce dall'organismo, $s < 0$.

L'organismo risponde adottando meccanismi fisiologici quali AUMENTO DEL METABOLISMO BASALE , brividi, vasocostrizione dei capillari. in ambienti estremi la risposta non è sufficiente e sopravviene il congelamento

**Requisiti generali di benessere
se $Q = 0 \Rightarrow$ BENESSERE**

CONDIZIONI DI VALIDITA' :

- ASSENZA DI DISAGIO LOCALE A PARTI DEL CORPO
- ATTIVITA' FISICA DA 0 A 3 MET
- ABBIGLIAMENTO DA 0 a 2 CLO

INDICATORI CONSIDERATI :

- PPD < 10 %
- PMV compreso tra - 0,5 e + 0,5 (S prossimo a 0)
- U.R. 50%

EQUAZIONE DI BILANCIO ENERGETICO:

$$+M \pm W \pm C \pm R - E = Q$$

se $Q = 0$ (bilancio termico rispettato)

$$M = \pm C \pm R - E$$

termoregolazione corporea

AMBIENTI FREDDI:

- vasocostrizione
- < disp. cutanea di calore
- termogenesi

AMBIENTI CALDI:

- vasodilatazione
- > disp. cutanea di calore
- termolisi

FATTORI E CARATTERISTICHE CHE INFLUISCONO SUL BILANCIO TERMICO

GRANDEZZE AMBIENTALI

Temperatura dell'aria	t_a
Temperatura media radiante	t_r
Velocità dell'aria relativa al soggetto	v_a
Umidità dell'aria	r_h

GRANDEZZE PERSONALI

Dispendio metabolico	M
Rendimento meccanico dell'attività	η
Isolamento termico del vestiario	I_{cl}

CARATTERISTICHE E FATTORI INDIVIDUALI

ETA': la resistenza al calore diminuisce a partire dai 40 anni a causa dell'invecchiamento degli organi (sist. circolatorio \Rightarrow termoregolazione).

SESSO: è ipotesi che le donne siano meno resistenti a significative sollecitazioni termiche.

STATO DI SALUTE E BENESSERE FISICO:
cattivo stato di salute \Rightarrow < resistenza al calore;
< benessere fisico \Rightarrow < capacità lavorativa e < potenzialità cardio-vascolare (termoregolazione);
l'obesità (ed un cattivo regime alimentare) riduce il trasferimento calorico dai muscoli alla pelle \Rightarrow < dispersione del calore)

FATTORI MICROCLIMATICI INDIVIDUALI (SOGGETTO)

1) CALORE DI ORIGINE METABOLICA:
alla base della produzione di calore è il consumo di O₂

- ☺ In condizioni di riposo ⇒ 250 ml/min.
- ☹ Con attività muscolare ⇒ max 3 l/min.

1 litro di O₂ ⇒ 5 kcal/min

attività	equiv. calorico [Kcal/min]
riposo	1
lav. leggero	2,5
lav. medio	4 - 5
lav. pesante	≥ 7



FATTORI MICROCLIMATICI INDIVIDUALI (SOGGETTO)

2) DISPENDIO ENERGETICO METABOLICO (met):

L'energia generata all'interno del corpo proviene da processi di ossidazione a seconda dell'attività svolta.

- < 20 % = **LAVORO** (rendimento)
- > 80% = **CALORE**

Dell'80 % di energia convertita in calore, la parte non utilizzata (per pompare più sangue, aumentare la respirazione, ecc.) viene dissipata con la sudorazione per evitare l'aumento della temperatura corporea interna.

FATTORI MICROCLIMATICI INDIVIDUALI (SOGGETTO)

2) DISPENDIO ENERGETICO METABOLICO (met):

attività	dispendio en. [met]	dispendio en. [W/m ²]
riposo	0,8-1	47-58
sedentaria	1,2	70
lav. leggero	1,6	93
lav. medio	2	117
lav. pesante	≥ 3	≥175

FATTORI MICROCLIMATICI INDIVIDUALI (SOGGETTO)

3) RESISTENZA/CONDUZIONE TERMICA DEL VESTIARIO

Lo scambio di calore tra uomo (vestito) ed ambiente è regolato dal tipo di abbigliamento del soggetto e dalla resistenza termica (**Icl** → **clo**) dei vari capi indossati.

L'isolamento termico di un indumento è dovuto allo strato di aria che esso mantiene tra cute ed ambiente.

- ❖ strato di aria di 1 cm ⇒ 2,8 clo
- ❖ nudo ⇒ 0 clo
- ❖ tenuta estiva leggera ⇒ 0,5 clo
- ❖ tenuta da lavoro leggera ⇒ 0,7 clo
- ❖ tenuta invernale per ambienti chiusi ⇒ 1 clo

GRANDEZZE MICROCLIMATICHE FONDAMENTALI (AMBIENTE)

1) TEMPERATURA DELL'ARIA (o di bulbo secco) [°C]

- indicata con T_a o T_{bs} -

è la temperatura "tradizionalmente" misurata con un normale termometro (per es.: a mercurio - ad elevata sensibilità) e risente della T_{mr} e della V_{aria} .

2) TEMPERATURA MEDIA RADIANTE [°C]

- indicata con T_{rad} o T_{mr} -

è la media delle temperature delle superfici (pareti, oggetti, impianti, ecc.) che emettono calore.

Si misura con il globo-termometro di Vernon.

GRANDEZZE MICROCLIMATICHE FONDAMENTALI (AMBIENTE)

3) VELOCITA' DELL'ARIA [m/s]

- indicata con V_{aria} -

è parametro importantissimo per il suo effetto sullo scambio di calore per convezione ed evaporazione (sudorazione).

Si misura con anemometri a filo caldo o a ventola rotante

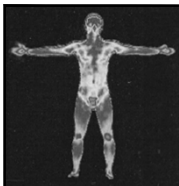
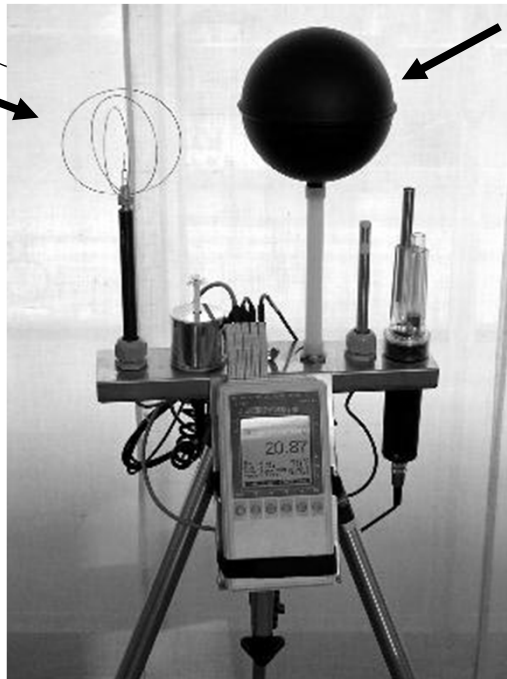
4) UMIDITA' RELATIVA [%]

- indicata con rH o U_{rel} -

indica quanto l'aria ambiente possa ancora assorbire H_2O (es.: dal corpo di un soggetto esposto a calore).

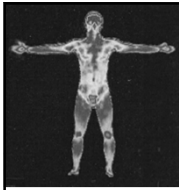
$$U_{rel} = \frac{\text{massa di } H_2O \text{ presente nell'aria ambiente}}{\text{massa di } H_2O \text{ necessaria a saturarla (U. assoluta)}}$$

Adegua-
ta
strum-
entazione per
la misurazione dei
parametri
microclimatici



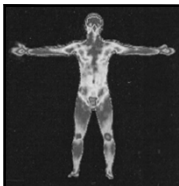
LA NORMATIVA

**La valutazione del rischio
dovuto al microclima dell'ambiente di lavoro
discende dagli obblighi generali dell'art 28
Comma 1 del D.Lgs 81/08
(rientra in "tutti i rischi").**



LA NORMATIVA

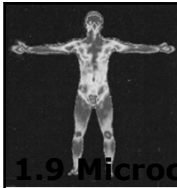
**Inoltre viene citato espressamente nel
Titolo II Capo I
Del D.Lgs. 81/08
Art 63 :
LUOGHI DI LAVORO devono essere conformi
all'allegato IV**



LA NORMATIVA

ALLEGATO IV

- 1) Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi**
- 2) Temperatura dei locali**
- 3) umidità**



LA NORMATIVA Microclima

1) AERAZIONE DEI LOCALI

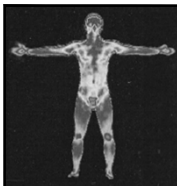
ALLEGATO IV D.Lgs 81/08

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.



LA NORMATIVA Microclima

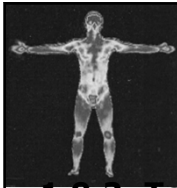
1) AERAZIONE DEI LOCALI

ALLEGATO IV D.Lgs 81/08

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.



LA NORMATIVA Microclima

2) TEMPERATURA DEI LOCALI

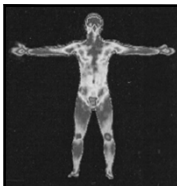
ALLEGATO IV D.Lgs 81/08

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.

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.



LA NORMATIVA Microclima

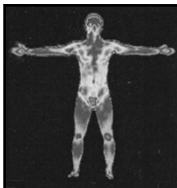
2) TEMPERATURA DEI LOCALI

ALLEGATO IV D.Lgs 81/08

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.

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.

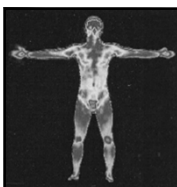


LA NORMATIVA Microclima

2) TEMPERATURA DEI LOCALI

ALLEGATO IV D.Lgs 81/08

1.9.2.6. Gli apparecchi a fuoco diretto destinati al riscaldamento dell'ambiente nei locali chiusi di lavoro di cui al precedente articolo, devono essere muniti di condotti del fumo privi di valvole regolatrici ed avere tiraggio sufficiente per evitare la corruzione dell'aria con i prodotti della combustione, ad eccezione dei casi in cui, per l'ampiezza del locale, tale impianto non sia necessario.



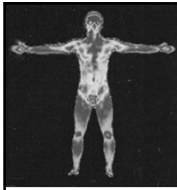
LA NORMATIVA Microclima

3) UMIDITÀ

ALLEGATO IV D.Lgs 81/08

1.9.3 Umidità

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 compatibili con le esigenze tecniche.



LA NORMATIVA

La valutazione del rischio

Una prima valutazione del rischio puo' essere eseguita tramite somministrazione di questionari ai lavoratori oppure tramite liste di controllo , se a seguito di questa prima indagine non si puo' accertare assenza di pericolo si devono effettuare approfondimenti anche strumentali.

**D.Lgs 81/ 2008: ALLEGATO IV
PUNTO 1.9. MICROCLIMA**

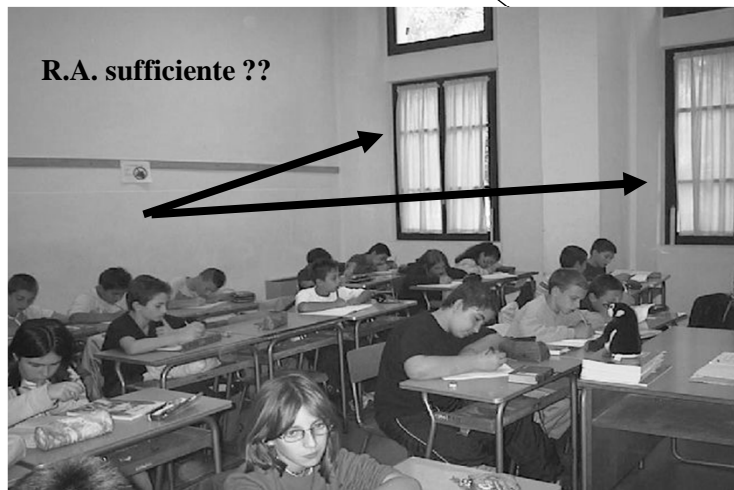
AERAZIONE DEI LUOGHI DI LAVORO

NEI LUOGHI DI LAVORO CHIUSI, È NECESSARIO FAR SÌ CHE ... I LAVORATORI, ... DISPONGANO DI ARIA SALUBRE IN QUANTITÀ SUFFICIENTE ANCHE OTTENUTA CON IMPIANTI DI AERAZIONE.



**RAPP. AERANTE (sup. finestrata apribile/ sup. locale:
1/20 LABORATORI
1/30 MAGAZZINI CON PERSONALE OCCASIONALE
1/8 UFFICI**

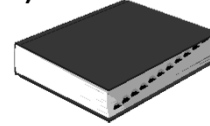
AERAZIONE DEI LUOGHI DI LAVORO



AERAZIONE DEI LUOGHI DI LAVORO

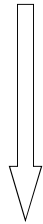


**NORME INTERNAZIONALI DI RIFERIMENTO
(117 dal 1987 al ottobre 2006)
INDICI MICROCLIMATICI**



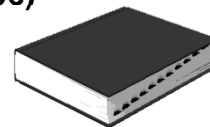
UNI EN ISO n° 7730 del 2006

Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico.



**NELLA SCUOLA DI SOLITO NON
INSORGONO PATOLOGIE GRAVI, MA SOLO
DI DISAGI E DISCOMFORT DI VARIA
NATURA E GRADO**

**NORME INTERNAZIONALI DI RIFERIMENTO
(117 dal 1987 al ottobre 2006)
INDICI MICROCLIMATICI**



UNI EN ISO n° 7730 del 2006

Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico.

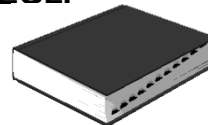
UNI EN n° 27243 del 1996

Ambienti caldi - Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice *WBGT* (temperatura a bulbo umido e del globotermometro)

UNI EN ISO n° 12515 del 1999

Ambienti caldi. Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico mediante calcolo della sudorazione richiesta

**NORME INTERNAZIONALI DI RIFERIMENTO
PER LA DETERMINAZIONE DEGLI
INDICI MICROCLIMATICI**



UNI EN ISO n° 8996 del 2005

Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico

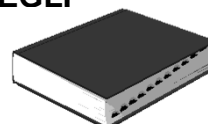
UNI EN ISO n° 9886 del 2004

Ergonomia - Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche

UNI EN ISO n° 7933 del 2005

Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile

**NORME INTERNAZIONALI DI RIFERIMENTO
PER LA DETERMINAZIONE DEGLI
INDICI MICROCLIMATICI**



UNI EN ISO n° 15265 del 2005

Ergonomia dell'ambiente termico - Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello stress o del disagio termico in condizioni di lavoro

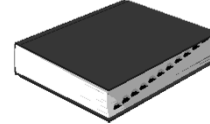
UNI EN ISO n° 9920 del 2004

Ergonomia dell'ambiente termico - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativi dell'abbigliamento.

UNI ENV ISO n° 11079 del 2001

Valutazione degli ambienti freddi - Determinazione dell'isolamento richiesto dagli indumenti.

**NORME INTERNAZIONALI DI RIFERIMENTO
PER LA DETERMINAZIONE DEGLI
INDICI MICROCLIMATICI**



UNI EN ISO n° 7726 del 2002

Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche.

UNI n° 8852 del 1987

Impianti di climatizzazione invernali per gli edifici adibiti ad attività industriale ed artigianale. Regole per l'ordinazione, l'offerta ed il collaudo. (no pavimenti / soffitti riscaldanti)

UNI EN ISO n° 7730 del 2006 (rev. norma del 1997)
Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico. (P.O.FANGER)

a) Premessa: il criterio del “benessere di Fanger”.

...usa i 6 parametri fondamentali (met, clo, Ta, T_{mr}, Varia, rH) per la determinazione dell'eq. termica dell'organismo.



sperimentazione su molti soggetti



IN CONDIZIONI DI COMFORT ED ATTIVITA' SEDENTARIA, IL **BENESSERE** E' IN STRETTA RELAZIONE CON LA **T_{mcut}** E CON LA POTENZA TERMICA CEDUTA CON LA **EVAPORAZIONE DEL SUDORE** PRODOTTO.

UNI EN ISO n° 7730 del 2006

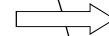
Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico. (P.O.FANGER)

b) in base alla sperimentazione di Fanger risulta che l'equazione generale del benessere



$$+M \pm W \pm C \pm R - E = Q$$

è applicabile ad ogni combinazione dei 6 parametri fondamentali e che, impostando met e clo, si possono ottenere combinazioni che risolvono l'eq. **con condizioni di comfort termico per il soggetto.**



UNI EN ISO n° 7730 del 2006

Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico. (P.O.FANGER)

APPLICANDO IL MODELLO TEORICO A 1300 SOGGETTI



PMV (PREDICTED MEAN VOTE)
INDICE DI SENSAZIONE TERMICA

indice	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
sens. termica	freddo intenso	freddo	fresco	comfort termico	legg. caldo	caldo	caldo intenso



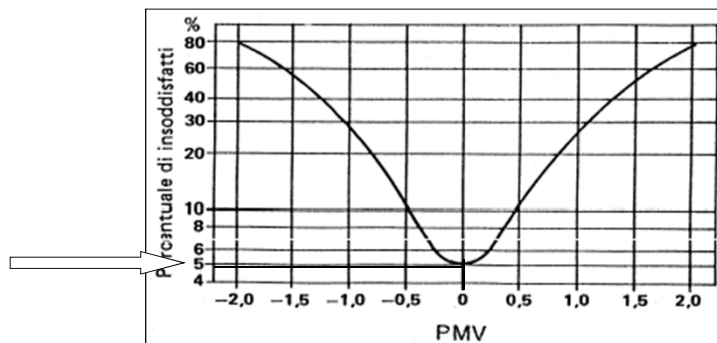
PPD (PREDICTED PERCENTAGE OF DISSATISFIED)

UNI EN ISO n° 7730 del 2006

Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico. (P.O.FANGER)

Il PMV non tiene conto della soggettività di ciascuno:
la correlazione di PPD con PMV dà come miglior risultato

PMV = 0 \equiv PPD = 5 %

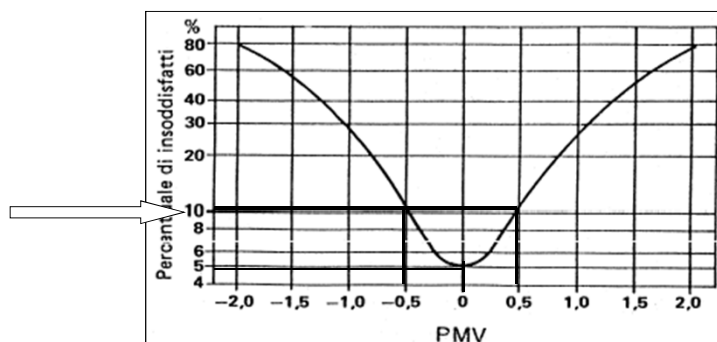


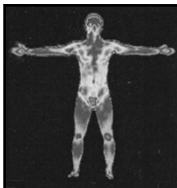
UNI EN ISO n° 7730 del 2006

Ambienti termici moderati - Determinazione degli indici PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico. (P.O.FANGER)

VALORI LIMITE NORMA 7730 \downarrow **PMV = \pm 0,5 \equiv PPD = 10 %**

comfort termico





AMBIENTI TERMICI MODERATI: Norma UNI ISO 7730

CAMPO DI APPLICAZIONE

Si applica a uomini e donne in salute posti in ambienti chiusi nei quali si cerca di raggiungere il benessere termico, si può usare per la progettazione di ambienti chiusi o per la valutazione di quelli esistenti (sia di lavoro che di vita per es. uffici, camere di albergo, sale convegni etc.)

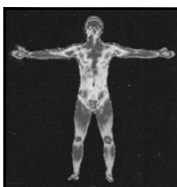
INDICATORI DI BENESSERE

PER IL CORPO NEL COMPLESSO

- PMV (voto medio previsto)
- PPD (percentuale di insoddisfatti prevista)
- U.R. (umidità relativa)

PER DISTRETTI CORPOREI (piedi, mani, testa etc.)

- DR
- GRADIENTE VERTICALE della T_{aria}
- Temperatura del pavimento
- asimmetrie della T_{radiante}



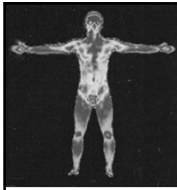
Requisiti generali di benessere

CONDIZIONI DI VALIDITA' :

- ASSENZA DI DISAGIO LOCALE A PARTI DEL CORPO
- ATTIVITA' FISICA DA 0 A 3 MET
- ABBIGLIAMENTO DA 0 a 2 CLO

INDICATORI CONSIDERATI :

- PPD < 10 %
- PMV compreso tra -0,5 e +0,5 (S prossimo a 0)
- U.R. 50%



ATTIVITA' LEGGERA SEDENTARIA INVERNALE

Temperatura Operativa

22 °C ± 2°C

gradiente verticale di T. aria

tra 1,1 m e 0,1 m dal pavimento < 3°C

temperatura pavimento

19°C- 26°C (di progetto fino a 29°C)

velocità dell'aria

0,05 m/s - 0,5 m/s

in funzione di Ta e intensità di turbolenza

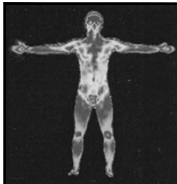
asimmetria della T. radiante dovuta a finestre o pareti fredde

< 10°C rispetto a 0,6 m dal pavimento

asimmetria della T. radiante dovuta a soffitto caldo

< 5 °C rispetto a 0,6 m dal pavimento

umidità relativa 30 % - 70 %



ATTIVITA' LEGGERA SEDENTARIA ESTIVA

Temperatura Operativa

24,5°C ± 1,5°C

gradiente verticale di T. aria

tra 1,1 m e 0,1 m dal pavimento < 3°C

velocità dell'aria

0,05 m/s - 0,5 m/s

in funzione di Ta e intensità di turbolenza

umidità relativa

30 % - 70 %

NORMA UNI 8852

Impianti di climatizzazione invernali per gli edifici adibiti ad attività industriale ed artigianale

CRITERI MINIMI DI PROGETTO

(poca valenza igienistica)

- ☑. - Velocità dell'aria: max 0,15 m/s posizione operatore
- ☑. - Umidità relativa: dal 30% al 70%
- ☑. - Temperatura aria per postazioni fisse:
 - attività pesante 11°C
 - attività media 13°C
 - attività leggera 15°C
 - lavori di precisione 17°C
- ☑. - Taria - T_{rad} < 2
- ☑. Temperatura di immissione aria:
 $T_{imm} < T_{int} + \Delta T$ dove $\Delta T = T_{int} - T_{est}$

UNI EN n° 27243 del 1996

Ambienti caldi - Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice *WBGT*

E' applicabile:

- a soggetti in buono stato di salute
- adatti all'attività svolta
- in ambiente che non comporti un aumento della temperatura corporea interna > 38 °C
- con un vestiario di ca. 0,6 clo

$$\text{WBGT interno} = 0,7 t_{nv} + 0,3 t_g$$

dove:

t_{nw} = temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale

t_g = temperatura di globotermometro

UNI EN n° 27243 del 1996

Ambienti caldi - Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice *WBGT*

IL CRITERIO WBGT
I VALORI LIMITE

Classe	W/m2	ACCLIMATATO	NON ACCLIM.
0	<65	33	32
1	65+130	30	29
2	130+200	28	26
3	200+260	25+26	22+23
4	>260	23+25	18+20

- TUTELA DAL COLPO DI CALORE
- PIENA FUNZIONALITA' TERMOREGOLAZIONE
- ESPOSIZIONI NON BREVISSIME ED INTENSE
- ISOLAMENTO DEL VESTIARIO $I_{cl} = 0,6$ clo

UNI EN n° 27243 del 1996

Ambienti caldi - Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice *WBGT*

Se sono superati i limiti occorre ridurre il tempo di esposizione con pause compensative (es. vedi ACGIH – TLV)

Esempi di TLV per esposizione a calore
(valori espressi in °C *WBGT*)*

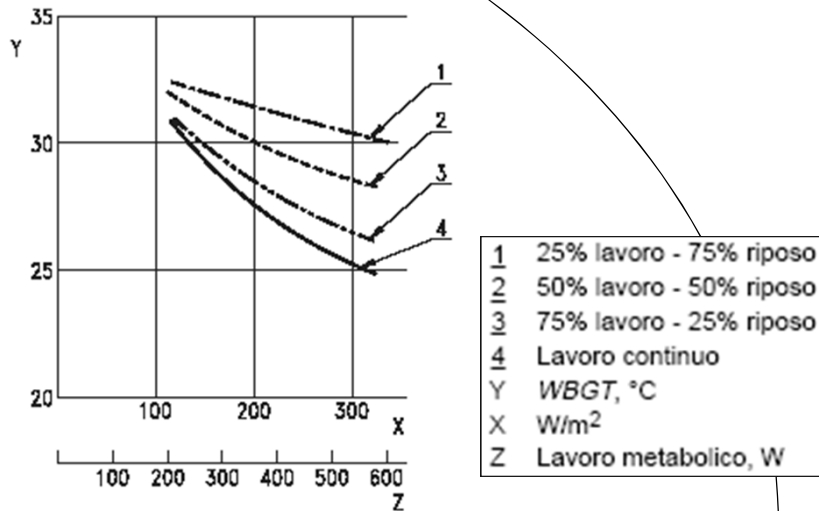
Lavoro/Riposo	Leggero	Moderato	Pesante
Lavoro Continuo	30.0	26.7	25.0
75% lavoro / 25% Riposo ogni ora	30.6	28.0	25.9
50% lavoro / 50% Riposo ogni ora	31.4	29.4	27.9
25% lavoro / 75% Riposo ogni ora	32.2	31.1	30.0

* Con un aumento del carico di lavoro, lo stress calorico per un lavoratore non acclimatato e' maggiore.

Per i lavoratori non acclimatati che fanno un lavoro moderato, il TLV dovra' essere abbassato di circa 2.5 °C

UNI EN n° 27243 del 1996

Ambienti caldi - Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice *WBGT*



DISTURBI E PATOLOGIE DA DISCOMFORT / STRESS TERMICO

AMBIENTI severi CALDI

- disidratazione
- perdita di sali
- colpo di calore
- iperpiressia

AMBIENTI severi FREDDI

- problemi osteo-articolari
- altre patologie "da freddo"

Sorveglianza sanitaria mirata

- Visita medica preventiva
- Visita medica periodica con particolare attenzione alla funzione cardiocircolatoria, polmonare e metabolica



DISTURBI E PATOLOGIE DA DISCOMFORT / STRESS TERMICO AMBIENTI severi CALDI

- disidratazione e perdita di sali

L'organismo perde acqua sudando copiosamente facendo diminuire il volume del sangue circolante che non arriva più a tessuti ed organi. Perdita di sali minerali = disturbi muscolari.

colpo di calore

Il sangue è inviato prevalentemente alla pelle per disperdere il calore in eccesso. Il cervello è meno irrorato fino al collasso.

iperpiressia

Oltre alla T_{cut} aumenta anche la T_v : alcuni organi sono inibiti e tale insufficienza, se protratta, può causare anche la morte

DISTURBI E PATOLOGIE DA DISCOMFORT / STRESS TERMICO AMBIENTI severi FREDDI

1) effetto del freddo sulla cute (mani esposte)

T cut	sensazione
20 °C	soggettiva di freddo (discomfort)
15 °C	freddo intenso
5 °C	dolore



piedi esposti (idem per valori di $T_{cut} > 1,5-2$ °C)

2) ipotermia accidentale (invernale)

Questi soggetti ipersensibili (alcolisti, ass.di farmaci, anziani) diventano pallidi e poi gelidi e poi perdono conoscenza

***DISTURBI E PATOLOGIE
DA DISCOMFORT / STRESS TERMICO
AMBIENTI severi FREDDI***

3) ipotermia da immersione

Il contatto prolungato con liquidi freddi può provocare lo stesso quadro vasocostrittivo: la parte colpita diventa pallida, gelida e rigida (fenomeno di Raynaud).

4) congelamento (invernale)

Lesione più localizzata alle parti terminali (dita delle mani e dei piedi) e dà origine a fenomeni trombotici occlusivi, ustioni e necrosi del tessuto.

5) Patologie osteo-articolari

Aumenta la prevalenza di artralgie, alterazioni e limitazioni funzionali, degenerazioni croniche (artrosi)

***DISTURBI E PATOLOGIE
DA DISCOMFORT / STRESS TERMICO
AMBIENTI severi FREDDI***

I MECCANISMI DI DIFESA DAL FREDDO

1) Vasocostrizione periferica (+ o – spinta!)

Riduce l'apporto di sangue nelle zone periferiche (> negli arti) e quindi il trasporto di calore alla cute (zona di scambio)

2) Attività involontaria

BRIVIDO (molto efficace con $T_{interna} < 35^\circ$) e PELLE D'OCA sono scatenati da una bassa $T_{interna}$ e producono un calore DOPPIO rispetto al metabolismo basale

3) Attività volontaria

**VALUTAZIONE DEL RISCHIO
AMBIENTI severi FREDDI**

UNI ENV ISO 11079 / 2001 - ISOLAMENTO RICHIESTO

...se la termoregolazione non è sufficiente per mantenere l'equil. omeotermico dell'organismo esposto a freddo, per limitare il dispendio energetico si ricorre all' ISOLAMENTO DEL VESTIARIO ADEGUATO



IREQ min

minimo accettabile con
lieve sensazione di freddo



IREQ neutral

condizioni di neutralità
termica

**VALUTAZIONE DEL RISCHIO
AMBIENTI severi FREDDI**

**ISOLAMENTO TERMICO (DEL VESTIARIO) RICHIESTO (Iclr):
per mantenere l'equilibrio omeotermico dell'organismo
esposto a freddo.**

**$Iclr < IREQ\ min$ = protezione insufficiente – rischio di
ipotermia**

**$IREQ\ min < Iclr < Ireq\ neutral$ = situazione accettabile fino
all'ottimale**

**$Iclr > IREQ\ neutral$ = eccessivo abbigliamento
(ipersudorazione) può rendere inefficiente l'operatore e
non assicurare l'isolamento a viso, mani e piedi.**

IREQ_{min}, neutro e I_{clr},

e) Valutare le condizioni per il bilancio dell'energia termica sulla base del confronto di IREQ con I_{clr} . Si possono presentare tre diverse situazioni:

- 1) $I_{clr} < IREQ_{min}$
L'abbigliamento selezionato non fornisce un adeguato isolamento termico atto a prevenire il raffreddamento del corpo; esiste un rischio di ipotermia che aumenta all'aumentare del tempo di esposizione;
- 2) $IREQ_{min} \leq I_{clr} \leq IREQ_{neutro}$
L'abbigliamento selezionato fornisce un isolamento termico sufficiente. Il livello dello strain fisiologico è accettabile e l'ambiente termico è percepito come "leggermente freddo" o "neutro".
- 3) $I_{clr} > IREQ_{neutro}$
L'abbigliamento selezionato fornisce un isolamento termico più che sufficiente. Un isolamento termico eccessivo può far aumentare il rischio di surriscaldamento, eccessiva sudorazione, inumidimento dell'abbigliamento e, in prospettiva, il rischio di progressiva ipotermia.

DURATA MAX DI ESPOSIZIONE in funzione di I_{cl} e T (°C)

