Microclima

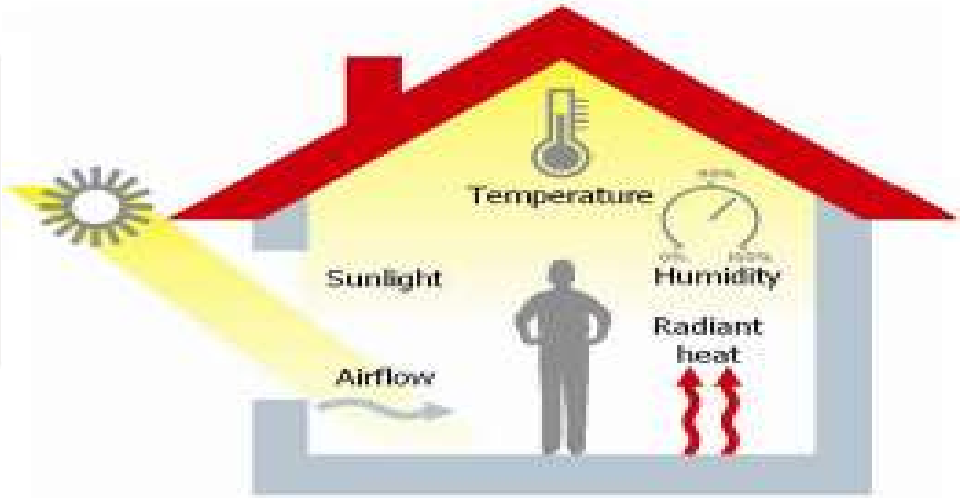
La sicurezza è una carezza alla vita

Definizioni

Microclima

il complesso dei **parametri fisici** (temperatura, aerazione, umidità...) che caratterizzano l'ambiente di lavoro e che assieme a **parametri individuali** (attività metabolica e abbigliamento) determinano gli **scambi termici** fra l'ambiente stesso e gli individui che vi operano

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)



Microclima – d. Lgs. 81/08

requisiti dei LUOGHI DI LAVORO

VALUTAZIONE DEI RISCHI MISURE DI PREVENZIONE

D.Lgs.81/08

Titolo II
LUOGHI DI LAVORO
Allegato IV

Titolo VIII- AGENTI FISICI
Capo I
Disposizioni generali

Titolo II Allegato IV – Requisiti 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

Titolo II Allegato IV – Requisiti 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 si 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.

UILM
UNIONE ITALIANA LAVORATORI METALMECCANICI

Titolo II Allegato IV – Requisiti 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.

Titolo II Allegato IV – Requisiti 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.

Titolo II Allegato IV – Requisiti 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.

Titolo II Allegato IV – Requisiti 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.

Titolo II Allegato IV – Requisiti Luoghi di Lavoro

ALLEGATO IV – REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO

1.9.2. Temperatura dei locali

1.9.2.1. La tempera a nei locali di lavoro deve essere ade
lavoro, ten di lavoro applicati e degli sf
1.9 adeguata per i lavora
pos do di umidità ed il

dei locali per il p
deve essere c

icare la temper
roppo alte o tro

...

1.9 ziende industriali ne
notevolme ro, si deve evitare, per qua
mantenendo la temp atura e l'umidità nei limiti minimi compatibili con le esigenze tecniche.

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"

Art. 2 c. 1(definizioni) – D. Lgs. 81/08

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;

UILM
UNIONE ITALIANA LAVORATORI METALMECCANICI

Microclima – Indici sintetici di confort globale

La normativa tecnica propone una metodologia per la valutazione del confort microclimatico basata su quantità dette **indicatori** (o indici) **sintetici** di qualità (o di rischio), che condensano in un numero minimo di valori numerici tutta l'informazione necessaria alla formulazione di un giudizio di accettabilità o inaccettabilità di un ambiente termico.

Microclima – Gli ambienti e gli indici

Gli ambienti termici vengono convenzionalmente distinti in:

- **ambienti moderati**,
- **ambienti caldi**,
- **ambienti freddi.**

Questi criteri sono fondati sulla utilizzazione di **indici microclimatici sintetici**, i quali tendono a ricondurre la valutazione di un ambiente determinato, alla verifica del valore assunto da una grandezza (indice di disagio o di stress termico)

rispetto ai valori di riferimento.

Microclima – Gli ambienti e gli indici

La valutazione di tali ambienti viene realizzata con riferimento al livello di **benessere termico provato dagli occupanti**.

Il benessere (o comfort) termico è definito come "quella condizione mentale in cui viene espressa soddisfazione per l'ambiente termico".

Microclima – Norme di riferimento

Per gli ambienti moderati:

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

Per gli ambienti severi caldi:

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"
UNI EN 27243: 1996 "Ambienti caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro)"

Per gli ambienti severi freddi:

UNI EN 342:2004 "Indumenti di protezione - Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo"
UNI EN 511:2006 "Guanti di protezione contro il freddo"
UNI EN ISO 11079:2008 "Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale"

UILM
UNIONE ITALIANA LAVORATORI METALMECCANICI

Microclima – Norme di riferimento

Per tutti i tipi di ambienti:

UNI EN ISO 7726:2002 "Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche"

UNI EN ISO 8996:2005 "Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico"

UNI EN ISO 9886:2004 "Ergonomia - Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche"

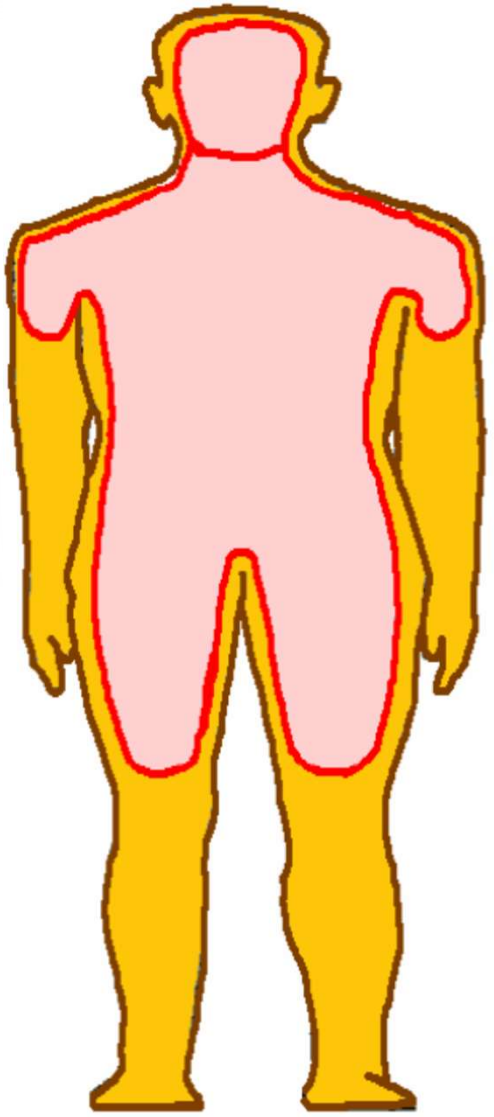
UNI EN ISO 9920:2009 "Ergonomia dell'ambiente termico - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento"

UNI EN ISO 12894:2002 "Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi"

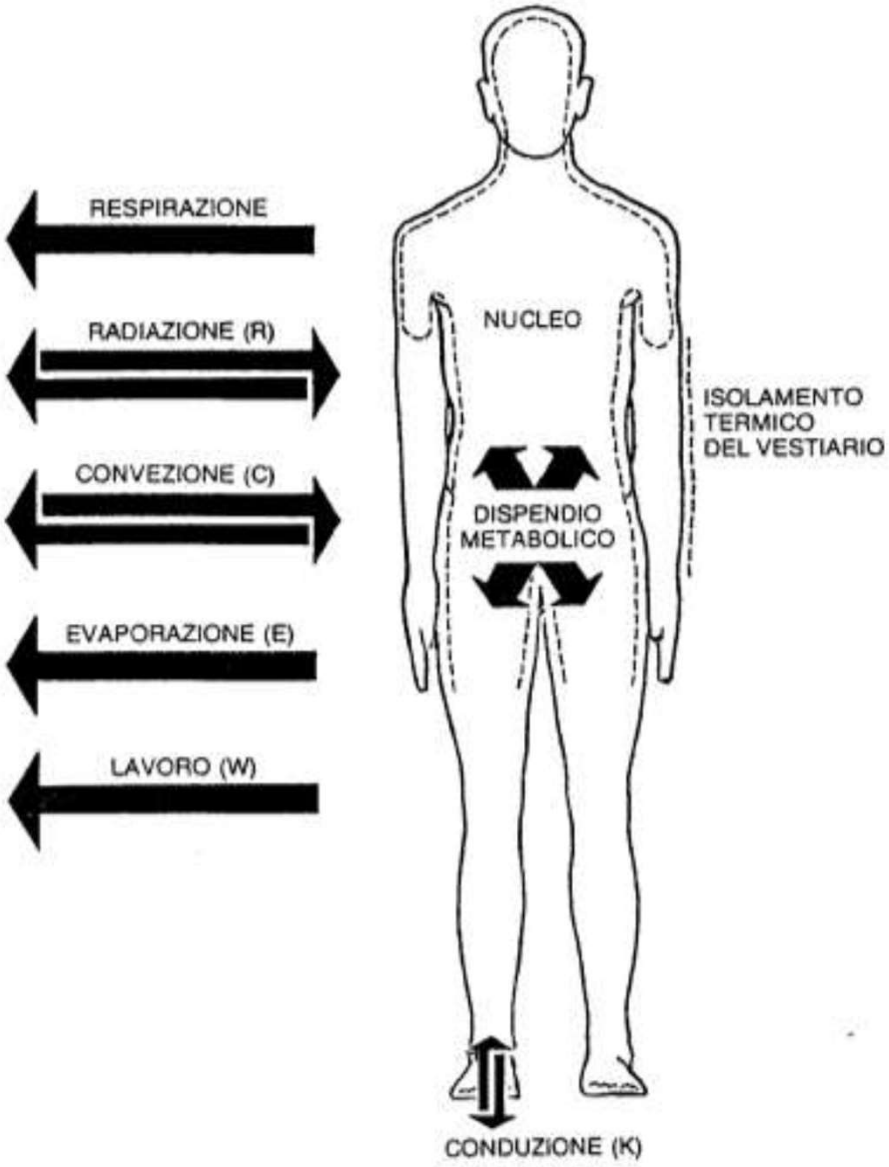
Microclima – Sistema termico

Un organismo può essere considerato come un **sistema termico** interessato da flussi di energia entrante ed uscente attraverso la sua superficie e da generazione di energia al suo interno.

Quando l'effetto complessivo di tali flussi non è nullo, si osserverà un aumento del contenuto termico del sistema od una diminuzione, corrispondenti ad un aumento o diminuzione rispettivamente della sua temperatura media.

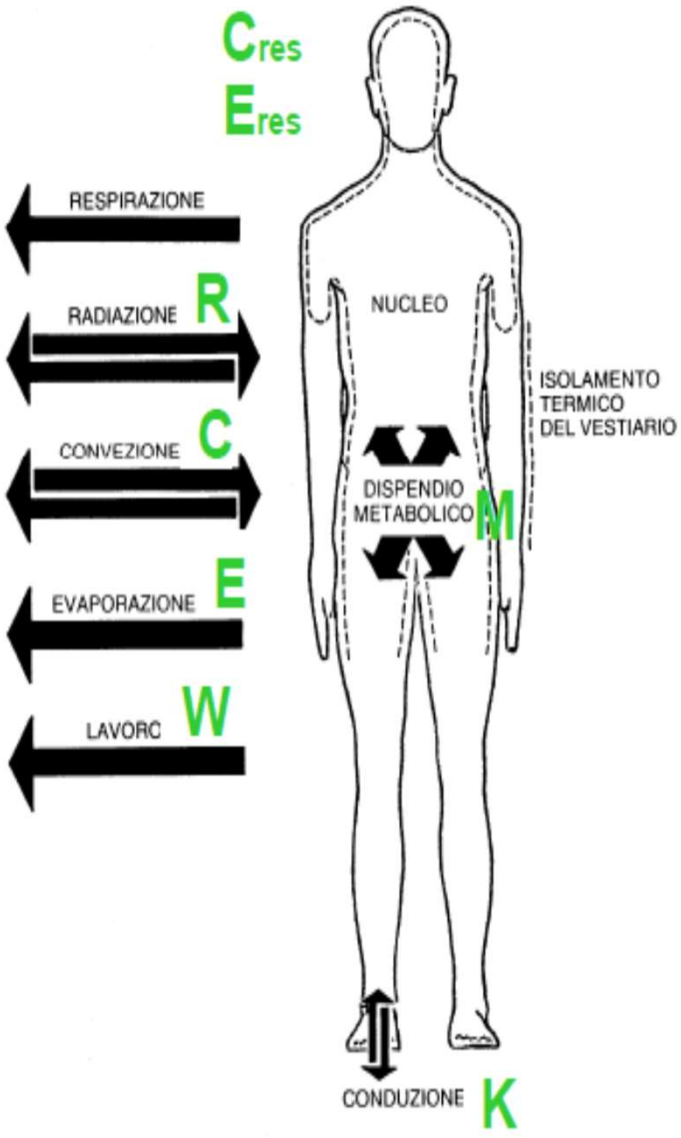


Microclima - Bilancio Energetico corpo umano



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

Microclima - Bilancio Energetico corpo umano



$$S = M - W - E \pm C \pm K \pm R \pm Cres \pm Eres$$

M = Dispendio metabolico ovvero potenza prodotta dai processi metabolici

W = Potenza meccanica scambiata (cessione o assorbimento di energia meccanica)

C,R,E= Potenza scambiata per convezione (con l'aria ambiente), **radiazione**

(irraggiamento nei confronti dei corpi che costituiscono l'ambiente), **evaporazione** (a livello della cute che coinvolge i fenomeni di sudorazione e di traspirazione insensibile)

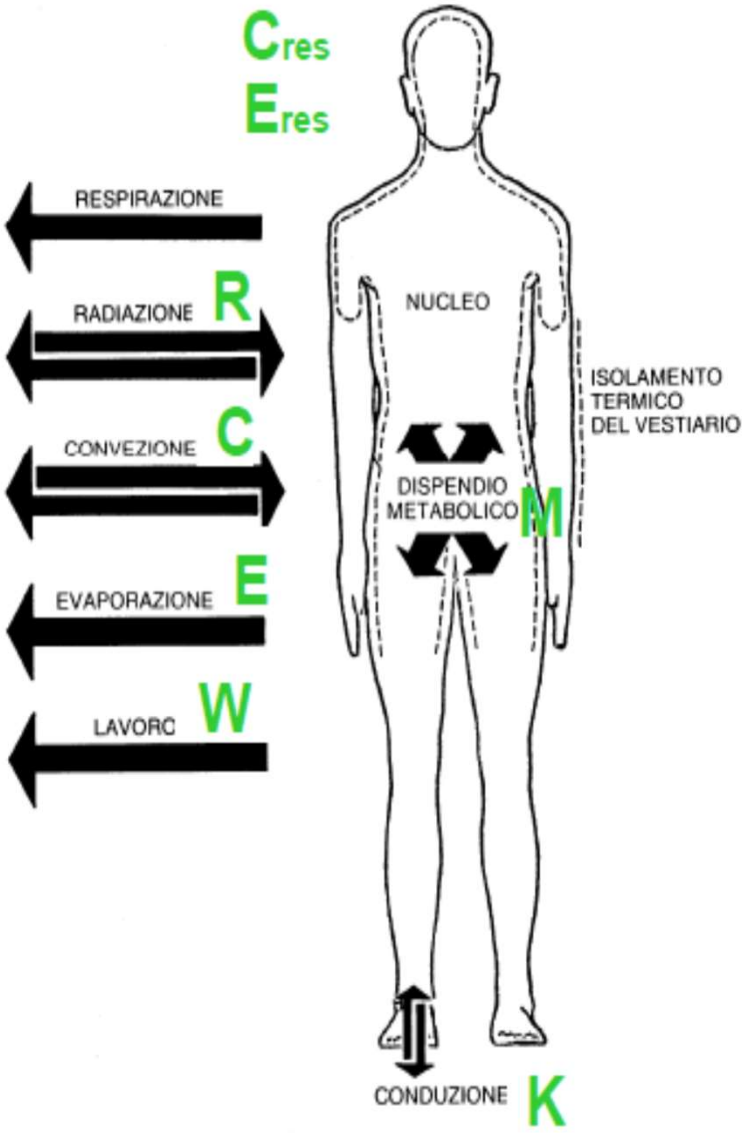
K = Potenza scambiata per conduzione rispetto ai corpi solidi con cui l'organismo è in contatto.

Cres = variazione di temperatura dell'aria respirata

Eres = variazione dell'umidità dell'aria respirata.

S = Potenza termica accumulata nell'organismo o perduta da questo.

Microclima - Bilancio Energetico corpo umano



S = M-W-E±C±K±R±Cres±Eres

S=0 → **omeotermia**

S>0 → **sensazione di caldo**

S<0 → **sensazione di freddo**

Microclima - Bilancio Energetico corpo umano

Benessere Termico (S = 0)

Condizione microclimatica in cui la persona non è costretta ad attivare meccanismi di termoregolazione e non percepisce ne sensazione di caldo ne di freddo (condizione di soddisfazione della situazione termica)

Discomfort Termico (S > 0 o S < 0)

Condizione microclimatica che da luogo alla sensazione di caldo o di freddo (richiede l'intervento di meccanismi di termoregolazione)

Stress Termico (S >> 0 o S << 0)

Condizione microclimatica nella quale l'organismo non riesce più a mantenere costante la T interna; può causare effetti negativi per la salute (colpo di calore, congelamento, assideramento)

Ambienti termici Moderati

Ambienti nei quali è richiesto un moderato grado di intervento al sistema di termoregolazione.

Caratteristiche

- **condizioni microclimatiche omogenee** e costanti nel tempo
- **assenza di scambi termici localizzati** tra soggetto ed ambiente che abbiano rilevanza sul bilancio termico complessivo
- **attività fisica modesta** e sostanzialmente omogenea per i diversi soggetti
- sostanziale **uniformità del vestiario** indossato

Uffici

Laboratori

Aule

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI

Nel caso della valutazione di questi ambienti gli indici utilizzati, come accennato in precedenza, sono il **PMV** e il **PPD** (UNI EN ISO 7730:2006):

PMV = livello di gradimento del soggetto rispetto all'ambiente (valore medio su un campione) secondo la formula

PMV = CT (0,303e -0,036 M + 0,0275)

CT = carico termico (differenza tra la potenza termica ceduta da un individuo all'ambiente e quella scambiata dallo stesso in condizioni omeoterme)

UILM
UNIONE ITALIANA LAVORATORI METALMECCANICI

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI

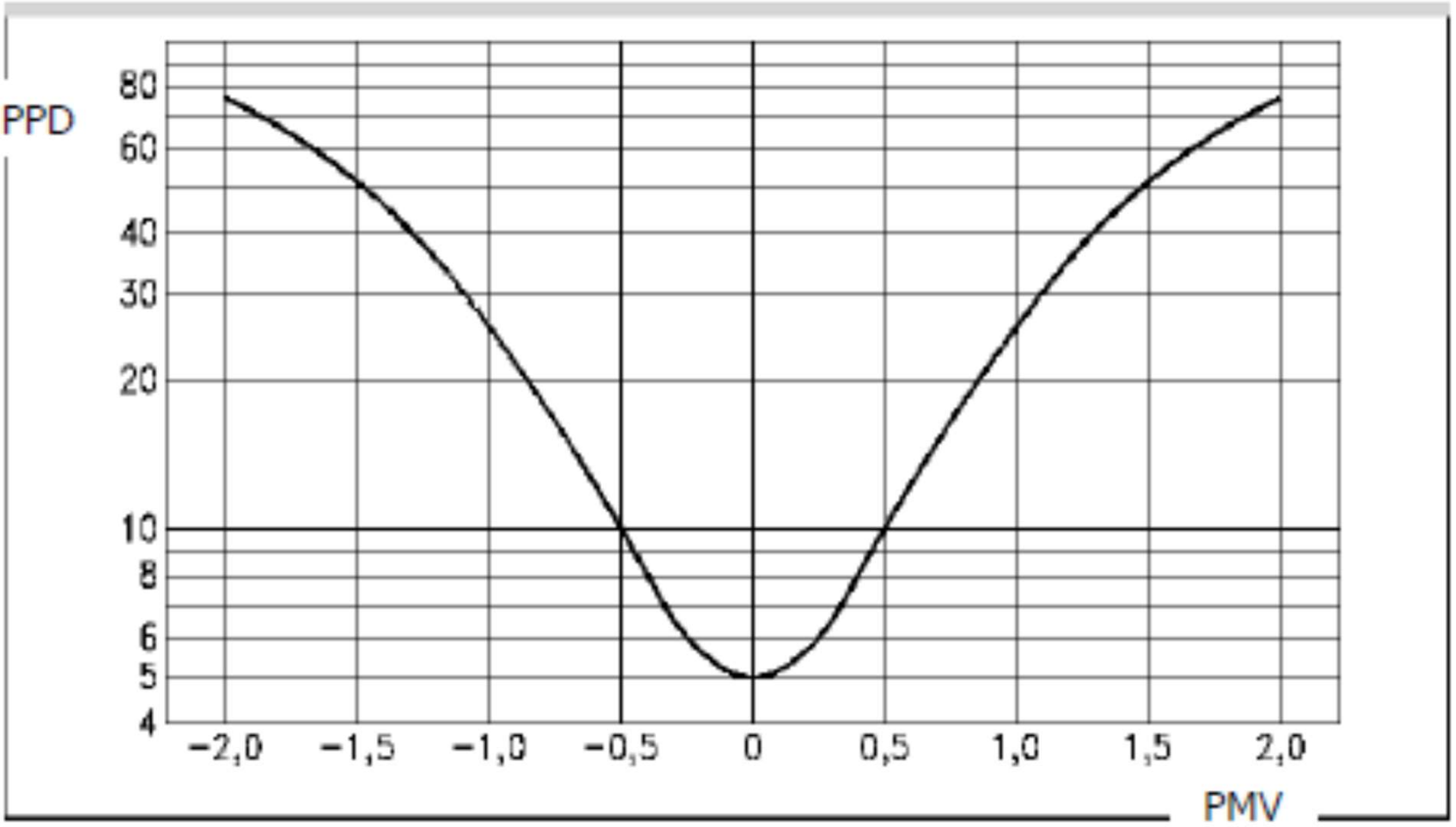
Nel caso della valutazione di questi ambienti gli indici utilizzati, come accennato in precedenza, sono il **PMV** e il **PPD** (UNI EN ISO 7730:2006):

PPD = percentuale dei lavoratori che, nelle condizioni rilevate, si dichiarano insoddisfatti rispetto all'ambiente esaminato

$$PPD = 100 - 95\ e^{-(0{,}03353\ PMV^4 + 0{,}2179\ PMV^2)}$$

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Andamento del PPD al variare di PMV



Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Campo di variabilità del PMV-PPD e valutazione dell'ambiente termico

PMV	PPD %	Valutazione dell'ambiente termico
+3	100 %	Molto caldo
+2	75,7 %	Caldo
+1	26,4 %	Leggermente caldo
+0,0	5 %	Neutro
- 1	26,8 %	Fresco
- 2	76,4 %	Freddo
- 3	100 %	Molto freddo

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI

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**

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Intervallo di applicabilità degli indici PMV e PPD

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

UILM
UNIONE ITALIANA LAVORATORI METALMECCANICI

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI

Il PMV e il PPD rappresentano una valutazione globale dell'ambiente microclimatico. Tuttavia si possono verificare delle situazioni di **discomfort localizzato** che vanno riferite a porzioni specifiche del corpo umano.

Per una valutazione più dettagliata del benessere sarà pertanto opportuno determinare ulteriori indici di benessere legati alla presenza di:

- **Correnti d'aria;**
- **Gradienti verticali di temperatura;**
- **Pavimenti con temperatura eccessivamente alta o bassa;**
- **Asimmetria radiante.**

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Fattori di discomfort localizzato

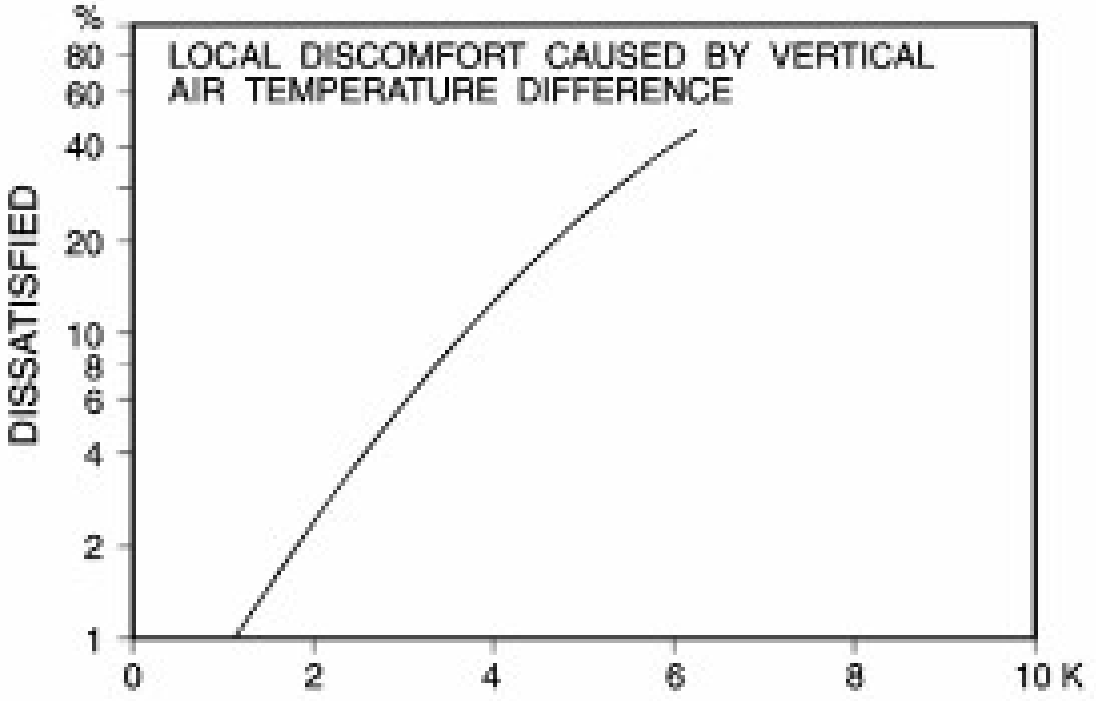
DR (Draft Risk) = percentuale di insoddisfatti da corrente d'aria

[calcolato con una relazione che prevede la misura e l'elaborazione della temperatura media e della velocità dell'aria nell'ambiente considerato]

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Fattori di discomfort localizzato

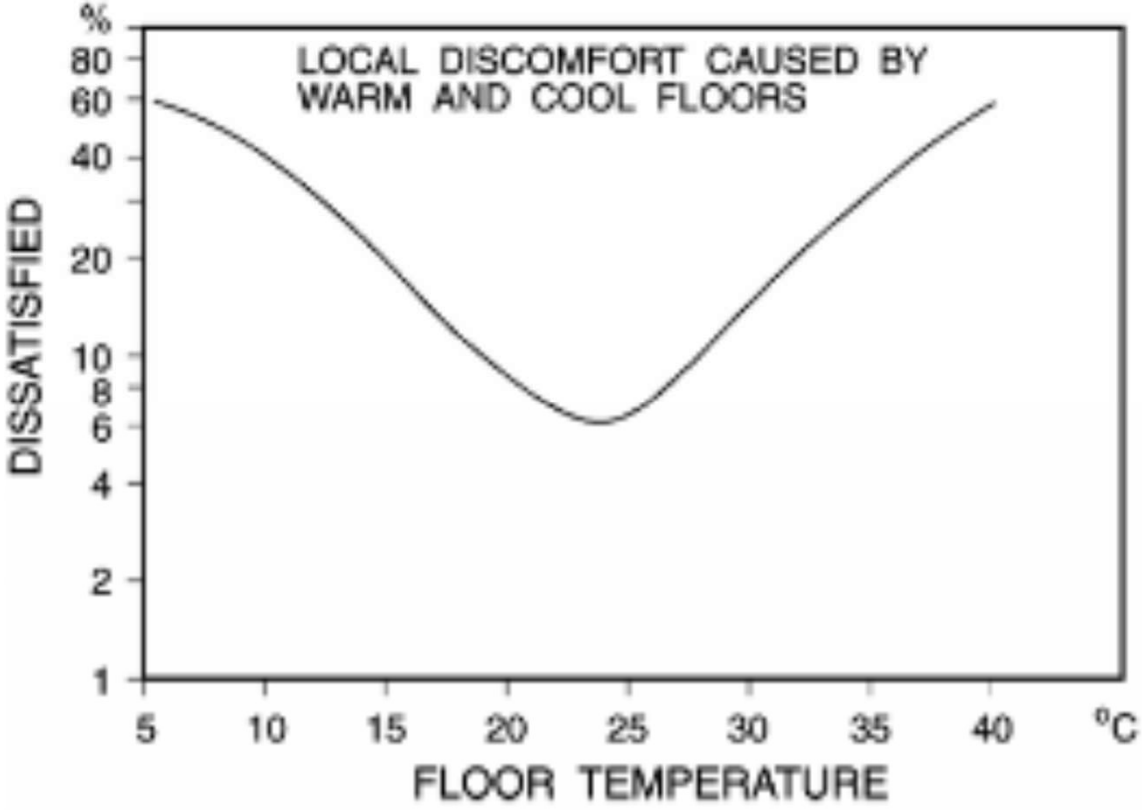
Pda = percentuale di insoddisfatti in funzione della differenza tra la temperatura dell'aria al livello della testa e quella al livello delle caviglie per una persona seduta



Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Fattori di discomfort localizzato

PDp = percentuale di insoddisfatti in funzione della temperatura del pavimento



Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Fattori di discomfort localizzato

PDr = percentuale di insoddisfatti

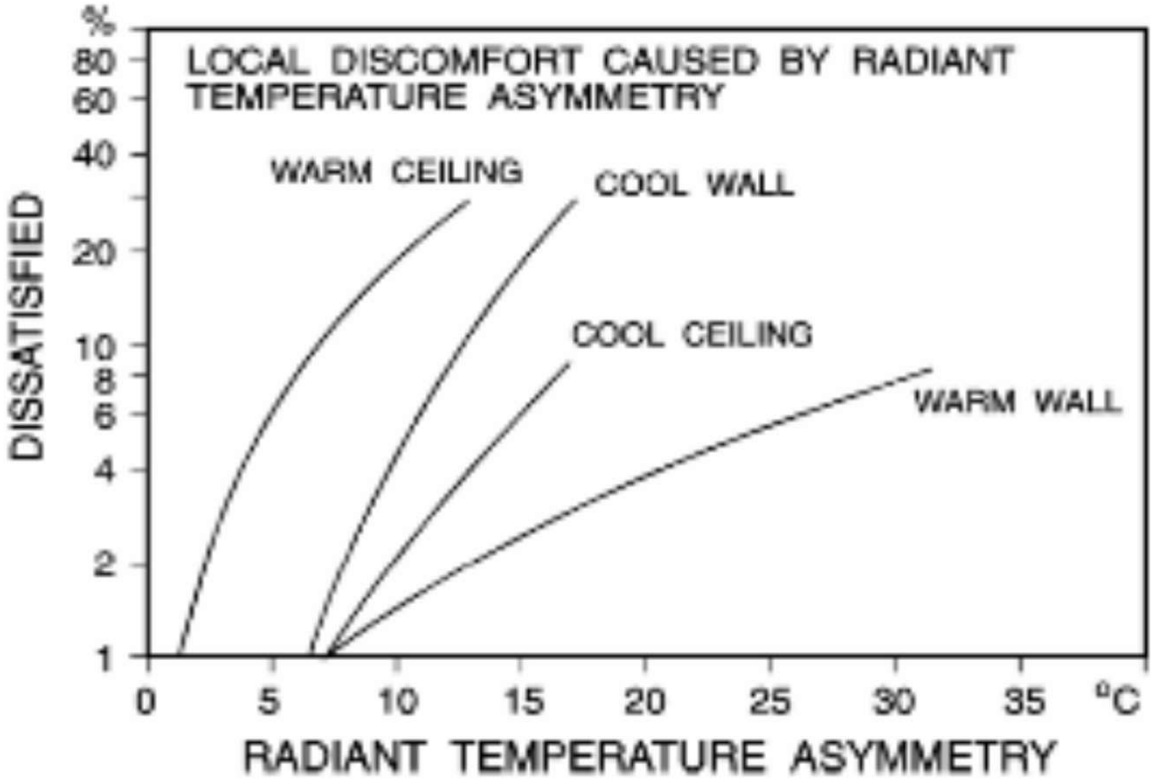
in funzione delle

differenze tra le

temperature radianti

piane delle diverse s

uperfici dell'ambiente



Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Requisiti di benessere termico raccomandati (UNI EN ISO 7730)

0,5 < PMV < + 0,5

(% massima di insoddisfatti pari al 10%)

Più in particolare la norma ISO 7730/2006 prevede la suddivisione degli ambienti in tre tipologie ai quali vanno applicati differenti valori di accettabilità in funzione della loro diversa fruizione

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Requisiti di benessere termico raccomandati (UNI EN ISO 7730)

Più in particolare la norma ISO 7730 prevede la suddivisione degli ambienti in tre tipologie ai quali vanno applicati differenti valori di accettabilità in funzione della loro diversa fruizione

Categoria di ambiente	Stato termico complessivo		Discomfort localizzato			
	PPD %	PMV	DR %	PD_a %	PD_p %	PD_r %
A	< 6	-0,2 < PMV < 0,2	< 10	< 3	< 10	< 5
B	< 10	-0,5 < PMV < 0,5	< 20	< 5	< 10	< 5
C	< 15	-0,7 < PMV < 0,7	< 30	< 10	< 15	< 10

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Misura e calcolo del comfort termico

La situazione termica dell'organismo può essere studiata misurando e/o stimando

Parametri oggettivi (legati all'ambiente):

- *temperatura dell'aria (Ta)*
- *temperatura media radiante (Tr)*
- *umidità relativa (U%)*
- *velocità dell'aria (Va)*

Parametri correlati all'individuo:

- *dispendio energetico metabolico (M)*
- *resistenza termica del vestiario (Iclo)*
- *rendimento meccanico del lavoro svolto (η)*

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Misura dei parametri fisici

Grandezze fondamentali:

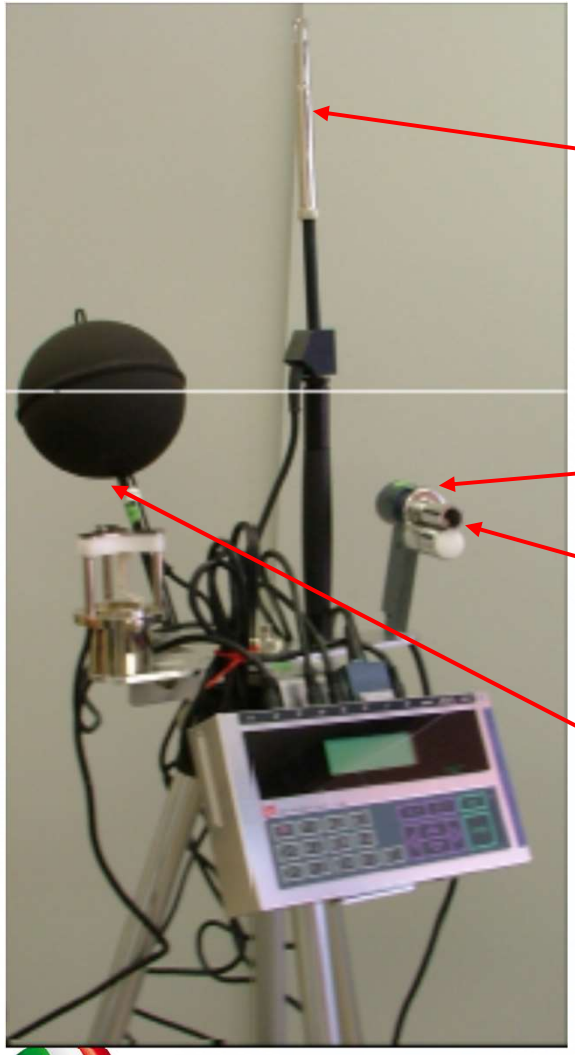
- **umidità relativa (U%)**
- **velocità dell'aria (Va)**

Grandezze derivate:

- **Temperatura del globo nero (globotermometro)**

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Misura dei parametri fisici



(STAZIONE MICROCLIMATICA)

Sonda anemometrica portatile a filo caldo (**Va**)

Sonda termometrica a bulbo umido a ventilazione naturale (**Ta**)

Sonda psicrometrica a ventilazione forzata (**U%**)

Sonda globotermometrica in rame nero opaco (**Tr**)

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Misura dei parametri fisici

(STAZIONE MICROCLIMATICA)

Sonda termometrica a bulbo umido a ventilazione naturale (**Ta**)

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Misura dei parametri fisici

(STAZIONE MICROCLIMATICA)

Sonda psicrometrica a ventilazione forzata (**U%**)

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Misura dei parametri fisici

(STAZIONE MICROCLIMATICA)

Sonda globotermometrica in rame nero opaco (**Tr**)

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Misura dei parametri fisici

(STAZIONE MICROCLIMATICA)

Sonda anemometrica portatile a filo caldo (**Va**)

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Misura dei parametri fisici

(STAZIONE MICROCLIMATICA)

Si possono aggiungere sonde per determinare gli indici relativi al **discomfort localizzato** e, quindi, misurare le seguenti grandezze:

- Temperatura del pavimento
- Temperatura radiante piana (nelle diverse direzioni)
- Turbolenza dell'aria
- Temperatura dell'aria al livello delle caviglie e della testa del soggetto

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Strategia di misura dei parametri fisici

1

Effettuare un **sopralluogo** al fine di individuare i parametri che possono avere influenza sul comfort degli occupanti. Pertanto è necessario verificare:

- esposizione degli ambienti rispetto al sole;
- eventuale presenza di sorgenti radianti (stufe, fonti di riscaldamento localizzato ecc.);
- tipologia dell'attività lavorativa effettivamente svolta;
- tipologia degli impianti di termoventilazione e loro stato di manutenzione;
- presenza di eventuali disomogeneità temporali che possano influire sulle condizioni microclimatiche (diverso utilizzo degli impianti nei giorni della settimana, peculiarità stagionali ecc.)

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Strategia di misura dei parametri fisici

2

Prima di effettuare ogni singola misura è necessario **attendere un periodo di tempo adeguato**, onde tenere conto del tempo di risposta del globotermometro.

20 minuti, tempo necessario affinché la temperatura dell'involucro sferico, dell'aria contenutavi e della sonda termometrica interna abbiano lo stesso valore

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Strategia di misura dei parametri fisici

3 Impostare la frequenza di registrazione del dato rilevato dalle singole sonde in base al tipo di ambiente oggetto del monitoraggio, secondo il Manuale d'uso della stazione microclimatica.

4 Posizionare della centralina.
La scelta della postazione in cui effettuare i rilievi microclimatici deve essere effettuata in base all'osservazione dell'ambiente di lavoro e alle postazioni occupate dai lavoratori

Annotare la posizione del rilievo sulla planimetria del locale

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Strategia di misura dei parametri fisici

4

Posizionare della centralina (criteri generali):

- ambiente piccolo e uniforme: effettuare un solo rilievo al centro del locale
- fonti di calore o di basse temperature localizzate: effettuare un rilievo a centro ambiente ed uno nei pressi della fonte di calore, tenendo nota se si tratta di una postazione occupata stabilmente o saltuariamente dai lavoratori
- correnti d'aria o fonti di turbolenza dell'aria: effettuare un campionamento in prossimità del punto di ingresso della turbolenza nell'ambiente di lavoro, uno in una postazione che non risente di tale corrente d'aria, ed uno a centro-ambiente.
- presenza di un sistema di condizionamento dell'aria: effettuare un rilievo a centro-ambiente, uno in prossimità delle bocchette di mandata dell'aria.

UILM
UNIONE ITALIANA LAVORATORI METALMECCANICI

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Strategia di misura dei parametri fisici

5

Durata rilevazione(criteri generali):

La durata delle misurazioni deve essere tale che i valori ricavati abbiamo una significatività dal punto di vista statistico e siano quindi rappresentativi delle condizioni dell'ambiente monitorato. Bisogna inoltre tenere conto della variabilità giornaliera e stagionale delle condizioni microclimatiche; in prima approssimazione è consigliabile verificare le condizioni estreme (estate e inverno).

a) ambienti in cui le variabili rimangono sostanzialmente costanti all'interno della giornata: sufficiente effettuare una misura della durata media di un'ora per ogni area omogenea

b) variazione dei parametri durante la giornata: per considerare la variazione degli elementi che possono influenzare il microclima, i rilievi in ogni ambiente si dovranno prolungare per l'intera giornata lavorativa (almeno per 8 ore)

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Stima parametri soggettivi

Tasso Metabolico

quantità totale di energia prodotta dall'organismo

Metodo Indiretto

(UNI EN ISO 8996)

Livello	Metodo	Precisione	Ispezione del posto di lavoro
I Controllo	A. *Classificazione per tipo di occupazione*	Informazioni approssimative con probabilità di errore molto elevata	Non necessaria Informazioni sull'attrezzatura tecnica e l'organizzazione del lavoro
	B. *Uso di tavole per differenti categorie metaboliche*		
II Osservazione	A. *Uso di prospetti per la stima dell'energia metabolica a partire dalle componenti dell'attività*	Elevata probabilità di errore Precisione ±20%	Necessaria l'analisi dei tempi
	B. *Uso di tavole relative a specifiche attività*		
III Analisi	*Uso della frequenza cardiaca sotto condizioni definite*	Media probabilità di errore Precisione ± 10%	Non necessaria
IV Valutazione di esperti	A *Misurazione del consumo di ossigeno*	Probabilità di errore entro i limiti della precisione della misura o dell'analisi dei tempi Precisione ±5%	Necessaria l'analisi dei tempi
	B *Metodo dell'acqua con doppia etichetta*		Non necessaria; devono essere valutate le attività connesse al riposo Il metodo richiede un minimo di 7 giorni
	C. *Calorimetria diretta*		Non necessaria

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Stima parametri soggettivi

Tasso Metabolico

Metodo Indiretto

IA

(UNI EN ISO 8996)

Occupazione	Energia metabolica (W/m^2)
Artigiani	
Muratore	110 – 160
Falegname	110 – 175
Vetraio	90 – 125
Imbianchino	100 – 130
Panettiere	110 – 140
Macellaio	105 – 140
Orologiaio	55 – 70
Industria	
Fabbro	90 – 200
Saldatore	75 – 125
Tornitore	75 – 125
Operatore alla fresa	80 – 140
Meccanico di precisione	70 – 110
Agricoltura	
Giardiniere	115 – 90
Conduttore di trattore	85 – 110
Professioni varie	
Insegnante	85 – 100
Commessa	100 – 120
Segretaria	70 – 85

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Stima parametri soggettivi

Resistenza Termica vestiario: resistenza al flusso di calore opposta dai vestiti e dallo strato d'aria presente tra i vestiti e la pelle

Abbigliamento	I_{cl} (clo)	I_{cl} ($m^2°C/W$)
Da lavoro		
Mutande, tuta da lavoro, calzini, scarpe	0.70	0.110
Mutande, camicia, pantaloni, calzini, scarpe	0.75	0.115
Mutande, camicia, tuta da lavoro, calzini, scarpe	0.80	0.125
Mutande, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	0.85	0.135
Mutande, camicia, pantaloni, grembiule, calzini, scarpe	0.90	0.140
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1.00	0.155
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, tuta, calzini, scarpe	1.10	0.170
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca con imbottitura pesante, tuta, calzini, scarpe	1.85	0.285
Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, giacca termica e pantaloni, giacca termica per l'esterno e pantaloni, calzini, scarpe	2.20	0.340
Giornaliero		
Slip, maglietta, pantaloncini, calzini leggeri, sandali	0.30	0.050
Slip, camicia a maniche corte, gonna, calze, sandali	0.55	0.080
Mutande, camicia, pantaloni leggeri, calzini, scarpe	0.60	0.095
Slip, sottoveste, calze, abito, scarpe	0.70	0.105
Slip, camicia, gonna, maglione a girocollo, calzettoni spessi al ginocchio, scarpe	0.90	0.140
Slip, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1.00	0.155
Slip, blusa, gonna lunga, giacca, calze, scarpe	1.10	0.170
Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, camicia, pantaloni, maglione con scollo a V, giacca, calzini, scarpe	1.30	0.200
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, gilet, giacca, cappotto, calzini, scarpe	1.50	0.230

Capo di abbigliamento	I_{cl} (clo)
Maglieria intima	
Slip	0.03
Maglia a maniche corte	0.09
Maglia a maniche lunghe	0.12
Camicie	
Leggera, a maniche corte	0.15
Leggera, a maniche lunghe	0.20
Di flanella, a maniche lunghe	0.30
Pantaloni	
Corti	0.06
Leggeri	0.20
Normali	0.25
Abiti – gonne	
Gonna leggera (estiva)	0.15
Gonna pesante (invernale)	0.25
Abito leggero, a maniche corte	0.20
Abito invernale, a maniche lunghe	0.40
Maglioni	
Gilet	0.12
Maglione leggero	0.20
Maglione pesante	0.35
Giacche	
Giacca leggera (estiva)	0.25
Giacca pesante (invernale)	0.35
Accessori	
Calzini	0.02
Calzini pesanti lunghi	0.10
Calze di nylon	0.03
Scarpe (suola sottile)	0.02
Scarpe (suola spessa)	0.04

Microclima – Come si valuta

AMBIENTI MODERATI – Stima parametri soggettivi

Rendimento meccanico del lavoro svolto: E' quella parte di energia metabolica trasformata in Lavoro Utile.

Può variare dallo 0% al 25% dell'attività metabolica

Per i **lavori sedentari**, come il lavoro di ufficio, si può stimare un valore compreso tra 0% e 5%.

Microclima – Ambienti Severi Freddi

Ambienti nei quali è richiesto un **notevole intervento** del sistema di termoregolazione umano al fine di diminuire la potenziale eccessiva diminuzione della temperatura del corpo umano attraverso meccanismi di vasocostrizione dei vasi sanguigni cutanei (diminuzione della temperatura cutanea) e brividi

Caratteristiche

- **Temperatura bassa** in relazione all'attività svolta ed al vestiario indossato (possibile alto valore di umidità relativa)
- Attività fisica e tipologia di vestiario abbastanza uniformi
- Contenuta variabilità spaziale e temporale

Microclima – Ambienti Severi Freddi

Temperatura interna °C	Sintomi clinici
37,6	Temperatura interna "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-dolori alle estremità- INTERROMPERE IMMEDIATAMENTE ESPOSIZIONE**
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 miocardia
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

Microclima – Ambienti Severi Freddi

Fattori oggettivi

Basse Temperature

Umidità relativa

Vento Gelo

Avversità atmosferiche (pioggia, neve…)

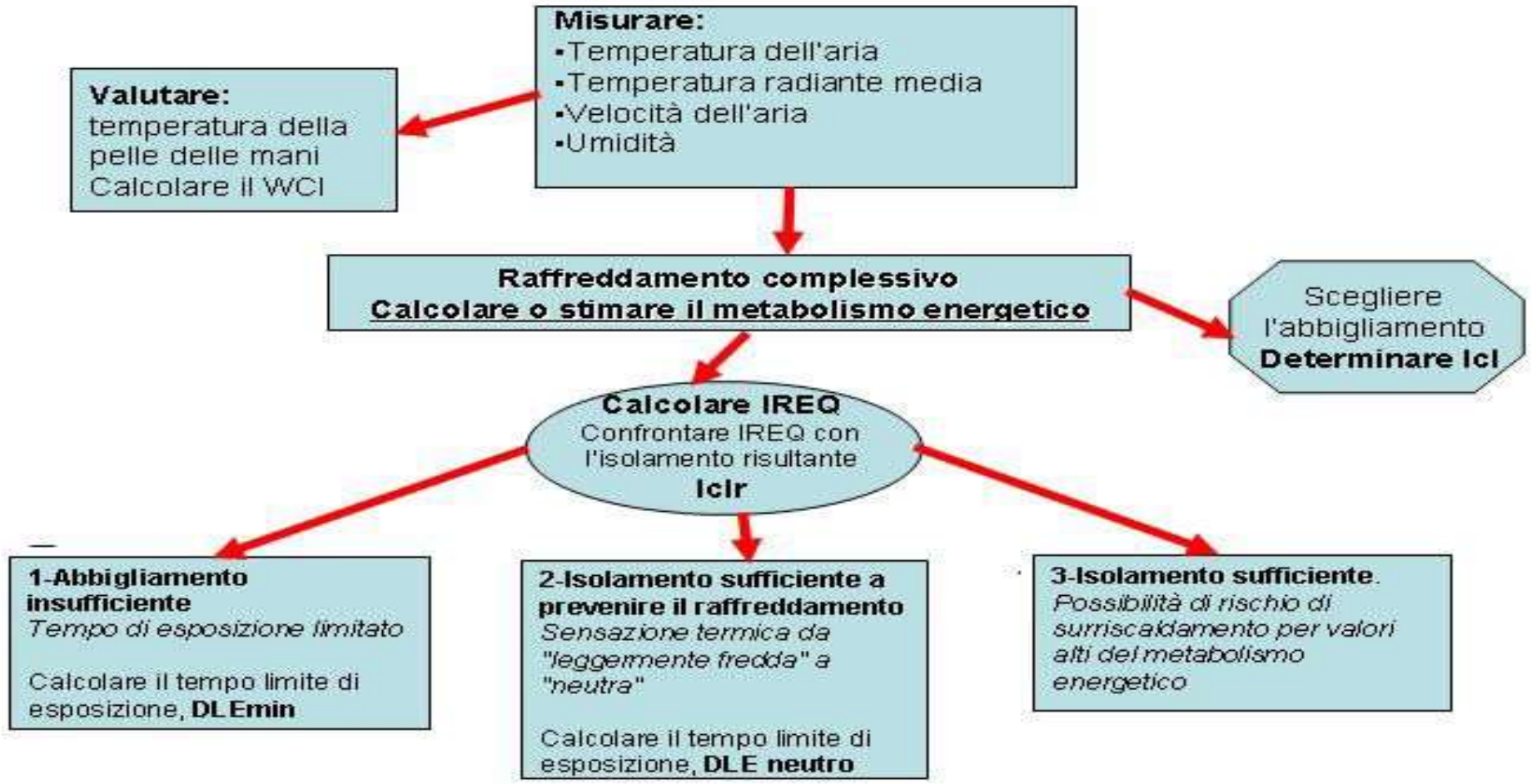
Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione

Indici di valutazione raffreddamento generale:

- calcolo dell'isolamento del vestiario richiesto (IREQ)
- calcolo con vestiario utilizzato
- calcolo DLE (Durata limite di esposizione)

UNI ENV ISO 11079:2008

Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione



Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione

$$IREQ = \frac{tsk - tcl}{M\text{-}W - E\,res - Cres - E}$$

Cres energia termica scambiata per convezione nella respirazione (W/m^2)

E energia termica scambiata per evaporazione del sudore (W/m^2)

Eres energia termica scambiata per evaporazione nella respirazione (W/m^2)

t cl temperatura superficiale dell'indumento (° C)

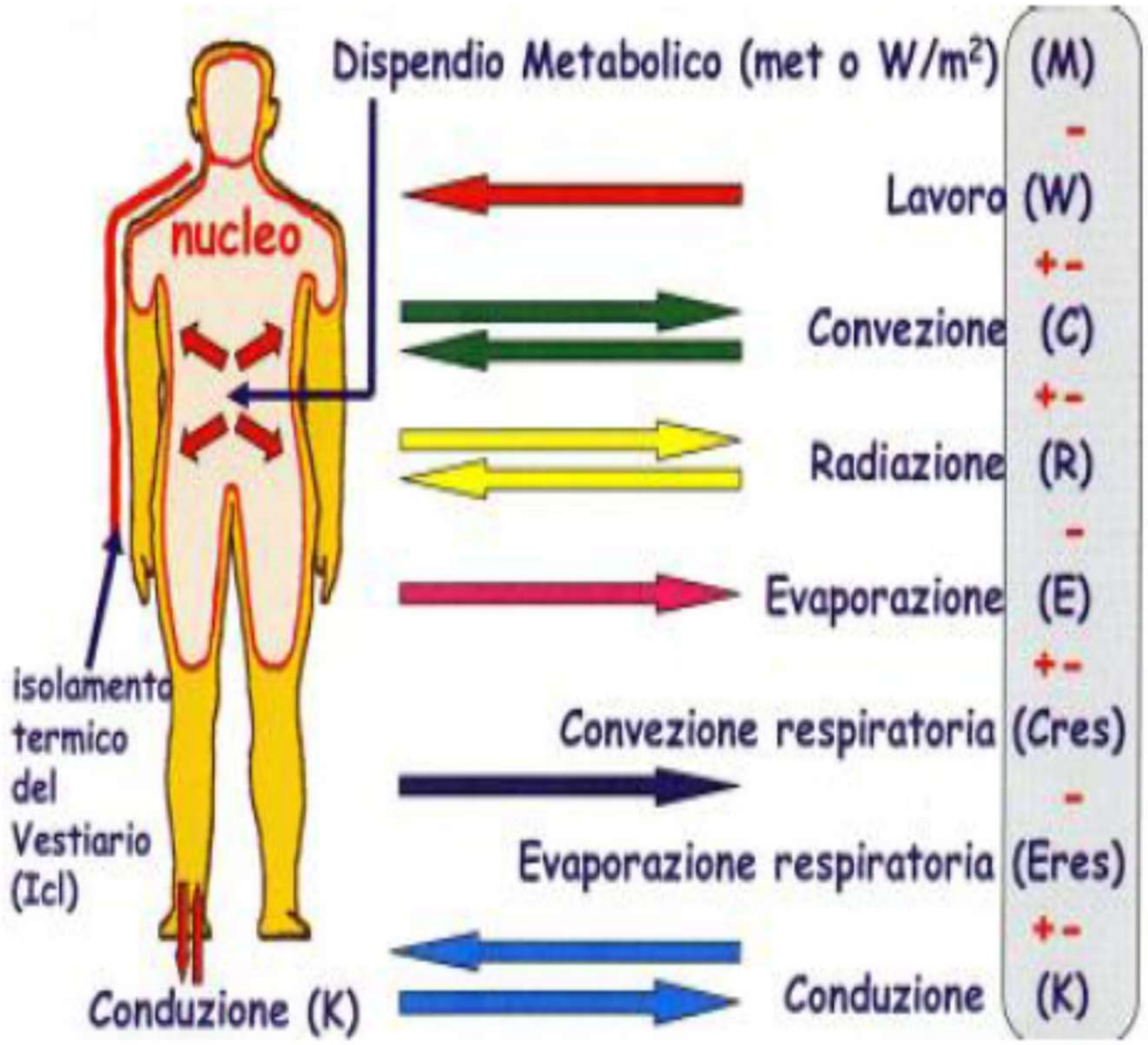
tsk temperatura media della pelle (° C)

M metabolismo energetico (W/m^2)

W potenza meccanica scambiata fra corpo e ambiente (W/m^2)

Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione

L'equilibrio termico può essere raggiunto a diversi livelli di **strain termoregolatorio**, definito in termini di temperatura media della pelle, sudorazione (percentuale di pelle bagnata) e variazione dell'energia termica corporea.



Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione

IREQmin : *l'isolamento termico minimo necessario per mantenere il corpo in equilibrio termico ad un livello di temperatura media corporea più basso del normale* (rappresenta il più alto livello di strain fisiologico al quale l'uomo può essere sottoposto in condizioni lavorative).

IREQ neutro : *l'isolamento termico necessario per mantenere condizioni di neutralità termica* (temperatura corporea di 37° C, con l'equilibrio termico mantenuto ad un livello normale di temperatura media corporea, corrisponde ad un raffreddamento minimo o nullo del corpo umano).

Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione

Icl : isolamento termico effettivamente garantito dall'abbigliamento utilizzato

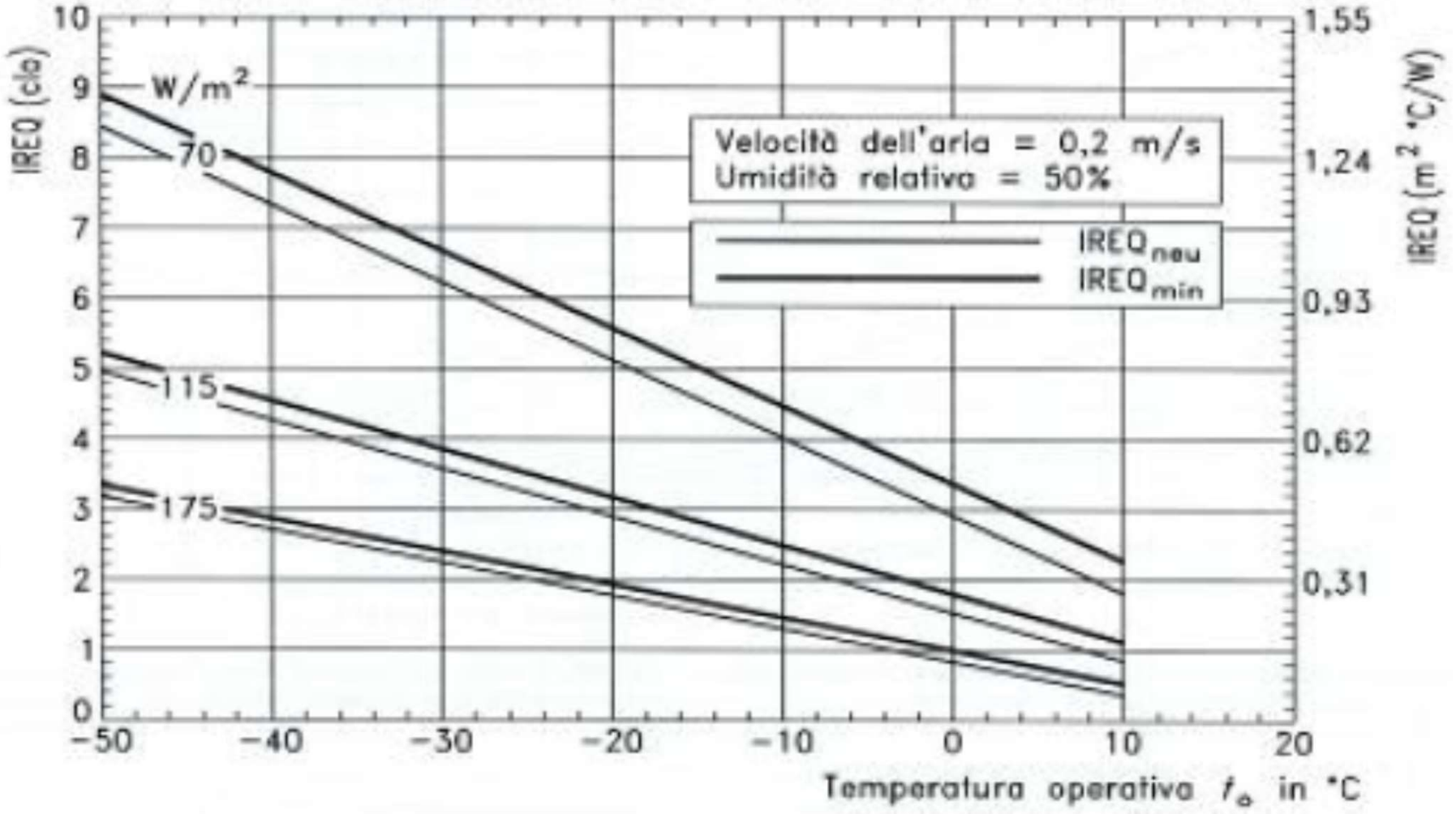
Icl < IREQmin → implica protezione insufficiente, e conseguente rischio di ipotermia

Icl > IREQneutral → implica iper-protezione, e conseguente rischio di sudorazione, che, in presenza di un ambiente esterno rigido, può produrre effetti nocivi

IREQneutral > Icl > IREQmin → definisce l'intervallo di accettabilità, garantendo condizioni comprese tra una sensazione soggettiva di freddo e la neutralà termica

UILM UNIONE ITALIANA LAVORATORI METALMECCANICI

Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione



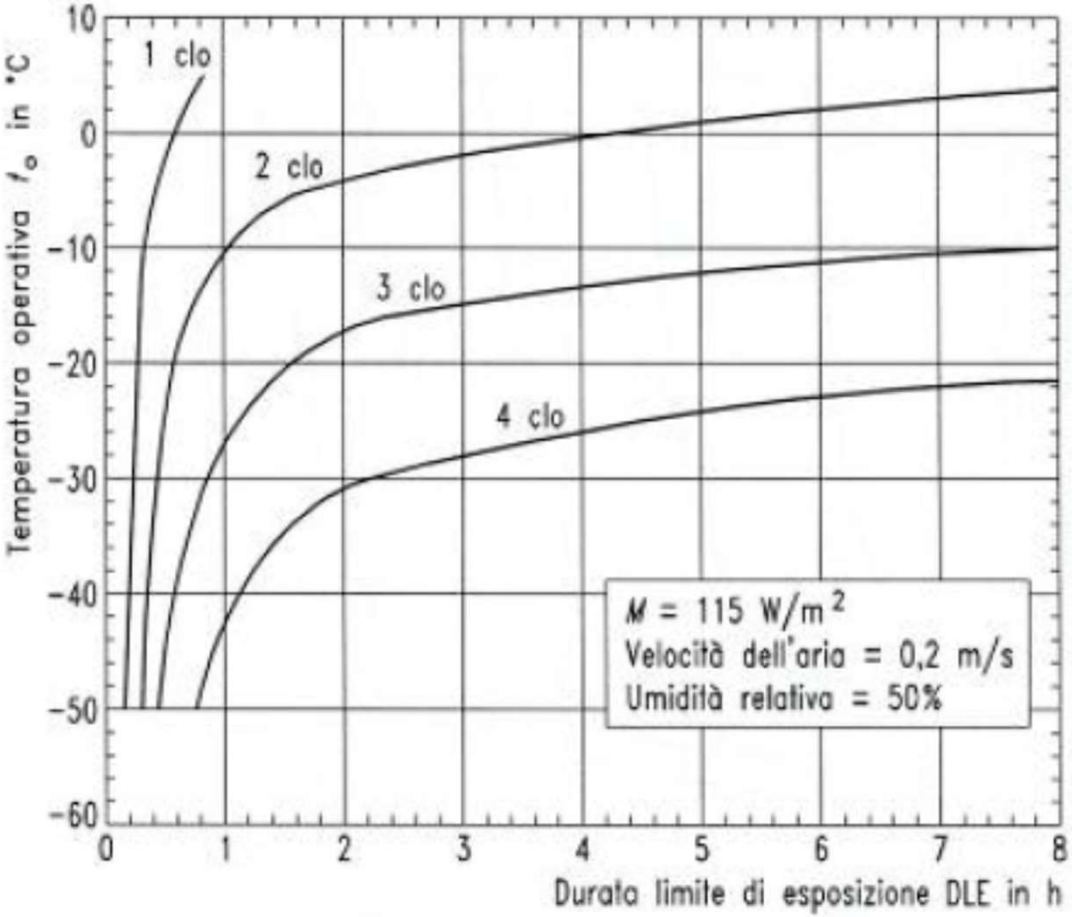
Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione

$$DLE = Qlim / S$$

DLE : tempo di esposizione massimo raccomandato con abbigliamento disponibile o selezionato

Qlim : massima perdita di energia tollerabile senza serie conseguenze, pari a 40 Wh/m^2,

S : è lo squilibrio energetico (ovvero il raffreddamento subito all'organismo) per una specifica attività metabolica



Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione

Indici di valutazione raffreddamento locale:

- **Tch: temperatura di raffreddamento**

- **WCI (Wind Child Index):** entità della potenza termica per unità di superficie perduta dall'organismo in funzione della temperatura e della velocità del vento

Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione

$$Tch = 33 - WCI/25{,}5$$

$$WCI = 1{,}16 \times (10{,}45 + 10\sqrt{v_a} - v_a)(33 - t_a)$$

WCI (W/m^2)	T_{ch} (°C)	EFFETTO
1200	-14	Freddo intenso
1400	-22	Limite del congelamento
1600 1800	-30 -38	Congelamento dopo 1 ora
2000 2200	-43 -45	Congelamento dopo 1 minuto
2400 2600	-61 -69	Congelamento dopo 30 secondi

Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione

Tabella tempi di esposizione al freddo e tempi di riscaldamento (da DIN 33403-5)

Intervallo di freddo	Temperatura dell'aria	Tempo massimo di esposizione ininterrotta al freddo (min)	Tempo di riscaldamento raccomandato in % del tempo di esposizione al freddo	Tempo di riscaldamento (min)
I	Da +15 a +10	150	5	10
II	Sotto +10 fino a -5	150	5	10
III	Sotto -5 fino a -18	90	20	15
IV	Sotto -18 fino a -30	90	30	30
V	Sotto -30	60	100	60

- *Intervallo di freddo I* (intervallo del fresco: tra + 15° C e +10° C)
- *Intervallo di freddo II* (intervallo di freddo leggero: tra + 10° e -5° C).
- *intervallo di freddo III* (intervallo freddo: –5° C fi no a –18° C)
- *intervallo di freddo IV* (intervallo di grande freddo: –18° C fi no a –30° C)
- *intervallo di freddo V* (intervallo di grandissimo freddo: inferiore a –30° C)

Microclima – Ambienti Severi Caldi

Ambienti nei quali è richiesto un **notevole intervento** del sistema di termoregolazione umano per diminuire il potenziale accumulo di calore nel corpo (meccanismi di difesa: vasodilatazione dei vasi sanguigni cutanei, sudorazione)

In certe condizioni non si riesce a mantenere le condizioni omeoterme per cui si ha aumento della temperatura corporea anche a livello di nucleo.

Caratteristiche

- **Temperatura elevata** in relazione all'attività svolta ed al vestiario indossato (possibile alto valore di umidità relativa)
- **Condizioni microclimatiche differenti** da punto a punto ed anche entro la stessa postazione di lavoro
- **Disuniformità** del livello di impegno fisico richiesto e del vestiario
- Sensibile **variabilità temporale** condizioni

Microclima – Ambienti Severi Caldi

Fattori oggettivi

Temperature elevate (canicola)

Umidità relativa

Irraggiamento solare

Ozono

Microclima – Ambienti Severi Caldi

Fattori soggettivi

isolamento termico del vestiario

tipo di dieta

tipo di attività

assunzione di farmaci

attività metabolica

tipologia corporea

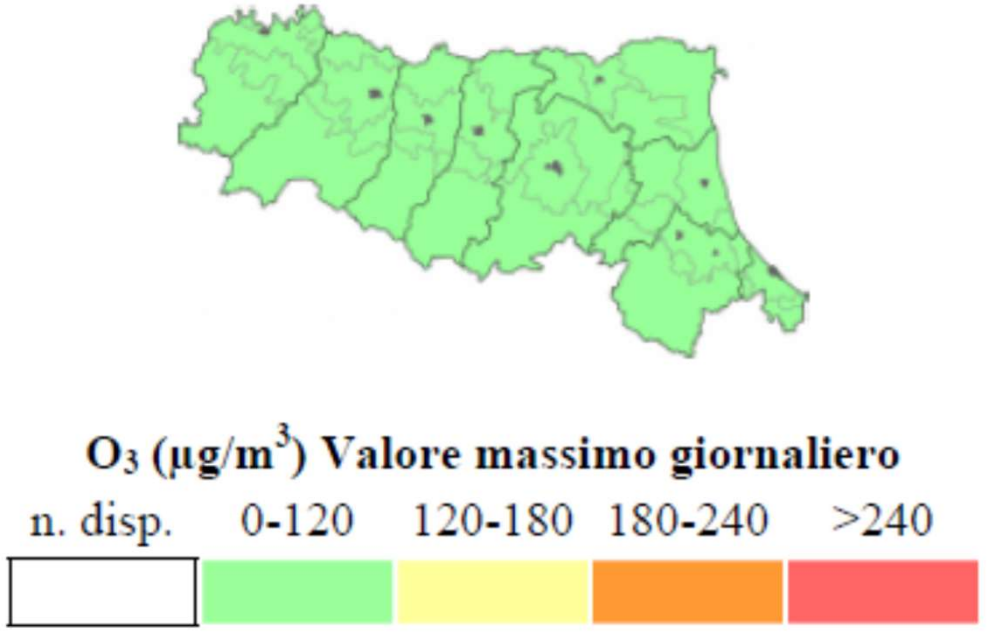
età, sesso

acclimatazione

Microclima – Ambienti Severi Freddi - Valutazione

Quando nelle attività lavorative si prevede caldo intenso occorre innanzitutto verificare le previsioni e le condizioni meteorologiche

Devono sempre essere considerate a rischio quelle giornate in cui si prevede che la temperatura all'ombra superi i 30° e/o l'umidità relativa sia superiore al 70%



Previsioni Ozono (http://www.arpa.emr.it/aria/ozono)

Microclima – Ambienti Severi Caldi - Valutazione

Indici di valutazione :

- **WBGT –** Norma UNI EN 27243 - ISO 7243 (temperatura del bulbo umido e del lobotermometro)

- **PHS –** Norma UNI EN ISO 7933:2005 (stress da calore previsto)

Microclima – Ambienti Severi Caldi - Valutazione

WBGT = 0,7 tnw + 0,2 tg + 0,1 ta (ambienti esterni)

WBGT = 0,7 tnw + 0,3 tg (ambienti interni)

ta = temperatura dell'aria

tnw = temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale

tg = temperatura del globotermometro

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

Questi valori limite sono diversi in dipendenza di due fattori:

-**Attività metabolica del soggetto**;

-**Grado di acclimatazione del soggetto**.

Microclima – Ambienti Severi Caldi - Valutazione

PHS consente di valutare il rischio da stress calorico in modo dettagliato ed affidabile tenendo conto del ruolo importante, in ambienti severi caldi, della *sudorazione*. L'equazione del bilancio termico diventa:

Ereq = M – W – CRES – ERES – C – R – dSeq

dove

Ereq : potenza termica che risulta necessario dissipare per sudorazione ai fini del raggiungimento della neutralità termica

dSeq: potenza termica associata all'incremento della temperatura del nucleo corporeo

Microclima – Ambienti Severi Caldi - Valutazione

La Valutazione dell'accettabilità o inaccettabilità dell'ambiente termico in esame viene effettuata confrontando i seguenti indici sintetici con i rispettivi

"**valori limite**"

SWreq: potenza termica dissipabile per sudorazione nell'unità di Tempo

wreq : frazione di pelle dalla quale può evaporare il sudore

D: perdita d'acqua

Tre: temperatura rettale

Microclima – Ambienti Severi Caldi - Valutazione

PHS

Quantità	Individui non acclimatati	Individui acclimatati
SW_{max} [g/h]	$2,6 \times (M-32) \times A_{DU}$	$3,25 \times (M-32) \times A_{DU}$
w_{max}	0,85	1

Quantità	Accesso ai liquidi	
	libero	nessuno
D_{max95}	5% della massa corporea	3% della massa corporea
$t_{re,max}$ [°C]	38	

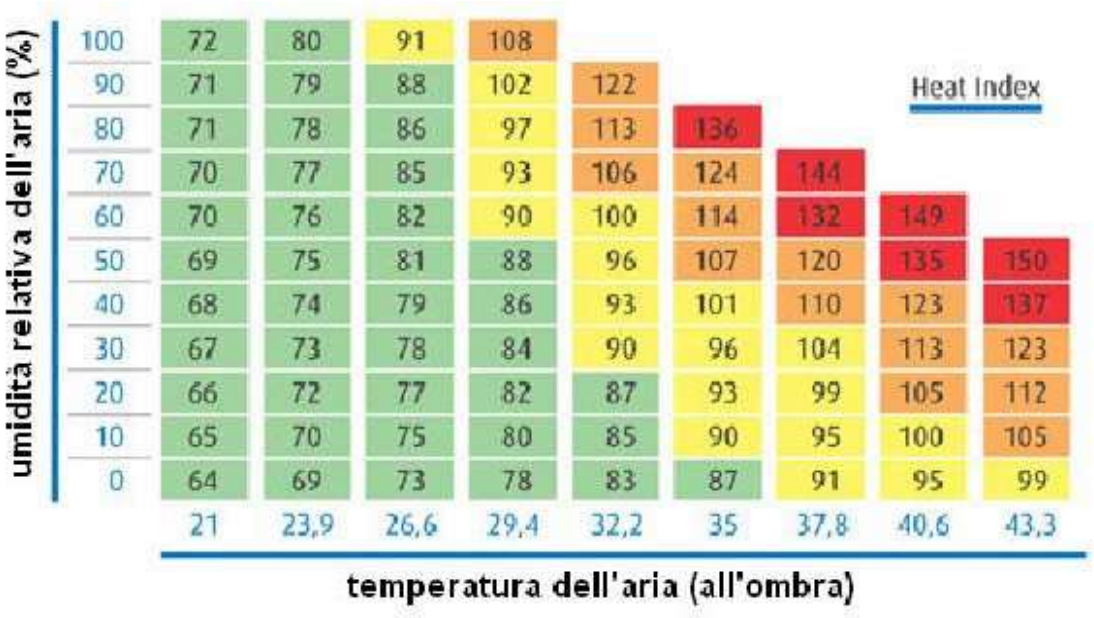
Microclima – Ambienti Severi Caldi - Valutazione

L'affidabilità del metodo **PHS** è verificata solo all'interno dei seguenti parametri

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

Microclima – Ambienti Severi Caldi - Valutazione

Carta dell'Indice di Calore



AUSL Forlì, Dipartimento di sanità pubblica
" Ondate di calore ed attività lavorative in esterno"

Heat Index	Disturbi possibili per esposizione prolungata a calore e/o a fatica fisica intensa
da **80** a **90**	Fatica
da **90** a **104**	Colpo di sole, crampi muscolari, esaurimento fisico
da **105** a **129**	Esaurimento fisico, **colpo di calore possibile**
130 e più	***Rischio elevato di colpo di calore/ colpo di sole***

Questi indici sono validi per lavoro all'ombra e con vento leggero.

In caso di lavoro al sole l'indice letto in tabella va aumentato di 15.

Misure di sicurezza - Tecniche

Isolamento termico di pareti e superfici vetrate esterne

Realizzare edifico a regola d'arte

Installazione/Potenziamento impianti

Installare/potenziare impianti riscaldamento/condizionamento/ventilazione

Ambienti severi caldi

Segregazione - Compartimentazione

Allontanare e/o separare fisicamente gli operatori dalla sorgente termica, ponendola in altro ambiente

Coibentazione

Rivestire la sorgente di materiale coibente che, riducendo le differenze di temperatura tra sorgente ed operatore e sorgente ed aria, riduce lo scambio termico radiante

Misure di Sicurezza – Tecniche

Riduzione dell'emissività
Rivestire le superfici di una sorgente con materiale a bassa emissività (a base metallica) riduce il carico radiante emesso

Schermatura sorgente
Adozione di schermi, assorbenti e/o riflettenti nei confronti della radiazione termica ed eventualmente trasparenti rispetto alla radiazione luminosa interposti tra sorgente ed operatore

Adozione di sistemi localizzati di aspirazione aria
Installare sistemi di prelievo ed espulsione dall'ambiente dell'aria che fuoriesce dalla sorgente o che la lambisce

Cabine controllo climatizzate
Installare cabine a microclima controllato in cui possano stazionare gli operatori

Misure di Sicurezza – Organizzative

Generali

Programmare verifiche periodiche e regolare manutenzione degli impianti, con particolare attenzione alla pulizia dei filtri

Per attività in ambienti severi

Ruotare gli operatori che svolgono attività (↓ tempo esposizione)

Prevedere frequenti pause delle attività lavorative, che permettano di ridurre il valor medio del dispendio energetico

Prevedere frequenti periodi in aree/zone di stazionamento con microclima moderato

Mettere a disposizione bevande

Sorveglianza sanitaria operatori (sentito il MC)

Misure di Sicurezza – Comportamentali

Indossare vestiario idoneo

Ambienti moderati

piccoli aggiustamenti del livello di vestiario possono influire sul livello di benessere

Ambienti severi caldi

la permeabilità all'acqua dei vestiario determina fortemente l'entità della cessione del calore all'ambiente

Ambienti severi freddi

La scelta del vestiario consente di evitare sia il fastidio da freddo ed il rischio di ipotermia, che la secrezione di eccessiva quantità di sudore

Assumere una quantità maggiore di liquidi, durante i periodi molto caldi e secchi

GRAZIE

Ing. Maurizio Tancioni

E-mail: mauriziotancioni@tiscali.it - Tel. 334.6324560