

# Rischio Microclima

Criteria e metodi di valutazione del comfort termico e del rischio da esposizione ad ambienti caldi e freddi

Simona Del Ferraro



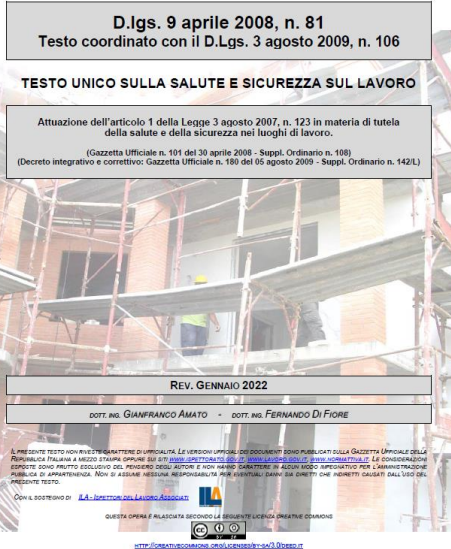
*INAIL - Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale (DiMEILA)  
Laboratorio di Ergonomia e Fisiologia*

7 giugno 2022

# LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI la normativa italiana

TITOLO VIII - AGENTI FISICI

D.Lgs. 09 aprile 2008 n. 81



## TITOLO VIII - AGENTI FISICI

### CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI

#### Articolo 180 - Definizioni e campo di applicazione

1. Ai fini del presente Decreto Legislativo per *agenti fisici* si intendono il rumore, gli ultrasuoni, gli infrasuoni, le vibrazioni meccaniche, i campi elettromagnetici, le radiazioni ottiche, di origine artificiale, **il microclima** e le atmosfere iperbariche che possono comportare rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori.
2. Fermo restando quanto previsto dal **presente capo**, per le attività comportanti esposizione a rumore si applica il **capo II**, per quelle comportanti esposizione a vibrazioni si applica il **capo III**, per quelle comportanti esposizione a campi elettromagnetici si applica il **capo IV**, per quelle comportanti esposizione a radiazioni ottiche artificiali si applica il **capo V**.
3. La protezione dei lavoratori dalle radiazioni ionizzanti è disciplinata unicamente dal Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230<sup>(N)</sup>, e sue successive modificazioni.

Non c'è un capo specifico per il microclima, a differenza degli altri agenti fisici

#### Note all'Art. 180

#### Articolo 181 - Valutazione dei rischi

1. Nell'ambito della valutazione di cui all'**articolo 28**, il datore di lavoro valuta tutti i rischi derivanti da esposizione ad agenti fisici in modo da identificare e adottare le opportune misure di prevenzione e protezione con particolare riferimento alle norme di buona tecnica ed alle buone prassi.
2. La valutazione dei rischi derivanti da esposizioni ad agenti fisici è programmata ed effettuata, con cadenza almeno quadriennale, da personale qualificato nell'ambito del servizio di prevenzione e protezione in possesso di specifiche conoscenze in materia. La valutazione dei rischi è aggiornata ogni qual volta si verificano mutamenti che potrebbero renderla obsoleta, ovvero, quando i risultati della sorveglianza sanitaria rendano necessaria la sua revisione. I dati ottenuti dalla valutazione, misurazione e calcolo dei livelli di esposizione costituiscono parte integrante del documento di valutazione del rischio.
3. Il datore di lavoro nella valutazione dei rischi precisa quali misure di prevenzione e protezione devono essere adottate. La valutazione dei rischi è riportata sul documento di valutazione di cui all'**articolo 28**, essa può includere una giustificazione del datore di lavoro secondo cui la natura e l'entità dei rischi non rendono necessaria una valutazione dei rischi più dettagliata.

### AMBIENTI MODERATI

#### ALLEGATO IV .....

#### REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO.

1.9. <b>Microclima</b> .....	12
1.9.1. Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi .....	12
1.9.2. Temperatura dei locali .....	13
1.9.3. Umidità .....	13

### **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 aerazione.

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 VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI

## la normativa italiana

### ALLEGATO IV .....

#### REQUISITI DEI LUOGHI DI LAVORO..

1.9. Microclima.....	12
1.9.1. Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi.....	12
1.9.2. Temperatura dei locali.....	13
1.9.3. Umidità.....	13

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.

#### *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.

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.

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.

#### *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 VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI

## la normativa tecnica di settore

### PER TUTTI GLI AMBIENTI

NORMA	TITOLO
UNI EN ISO 7726: 2002	Ergonomia degli ambienti termici – Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche
UNI EN ISO 8996:2022	Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico
UNI EN ISO 9920:2009	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento
UNI EN ISO 9886:2004	Valutazione degli effetti termici (thermal strain) mediante misurazioni fisiologiche
UNI EN ISO 10551:2002	Ergonomia degli ambienti termici – Valutazione dell'influenza dell'ambiente termico mediante scale di giudizio soggettivo
UNI EN ISO 11399:2001	Ergonomia degli ambienti termici – Principi ed applicazioni delle relative norme internazionali
UNI EN ISO 12894: 2002	Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi
UNI EN ISO 13731:2004	Ergonomia degli ambienti termici - Vocabolario e simboli
UNI EN ISO 15265: 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 28803: 2012	Ergonomia degli ambienti fisici: Applicazione di norme internazionali alle persone con speciali necessità

# LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI

## la normativa tecnica di settore

<b>NORMA</b>	<b>TITOLO</b>
UNI EN ISO 7730:2006	Ergonomia degli ambienti termici – Determinazione analitica ed interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico
UNI EN ISO 7243:2017	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)
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 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.
UNI EN ISO 15743: 2008	Ergonomia dell'ambiente termico - Posti di lavoro al freddo - Valutazione e gestione del rischio

<b>NORMA</b>	<b>TITOLO</b>
UNI EN ISO 13732 - 1: 2009	Ergonomia degli ambienti termici - Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici - Parte 1: Superfici calde
ISO/TS 13732 - 2: 2001	Ergonomics of the thermal environment - Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces - Part 2: Human contact with surfaces at moderate temperature
UNI EN ISO 13732 - 3: 2006	Ergonomia degli ambienti termici - Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici - Parte 3: Superfici fredde

# Il portale agenti fisici – PAF

MACRO DATI 4.203 - MISURE IN BANCA DATI 9.357



## Benvenuto nel Portale Agenti Fisici

Le Banche Dati "**Vibrazioni Mano Braccio**" e "**Vibrazioni Corpo Intero**" sono valevoli ai fini della valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs. 30 aprile 2008 n. 81 (art. 202, comma 2; Allegato XXXV).

Le banche dati su **Campi Elettromagnetici** sono valevoli ai fini della valutazione dei rischi ai sensi degli artt. 28, 181 e 209 del D.Lgs.81/2008.

Le sessioni su **Radiazioni ottiche naturali ed artificiali** sono utilizzabili per la Valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs.81/2008.

Le Banche Dati ospitate nella **sessione rumore** sono valevoli ai fini della valutazione dei rischi ai sensi del D.Lgs. 30 aprile 2008 n. 81 (art. 190, comma 5bis; art. 192, art. 193).

Il Portale Agenti Fisici è realizzato dal Laboratorio di Sanità Pubblica dell'Azienda Sanitaria USL Toscana Sud Est (ex Azienda USL 7 Siena) con la collaborazione dell'INAIL e dell'Azienda USL di Modena, al fine di mettere a disposizione uno strumento informativo che orienti gli attori aziendali della sicurezza e gli operatori della prevenzione ad una risposta corretta ai fini della prevenzione e protezione da AGENTI FISICI. Il Portale è in corso di sviluppo e aggiornamento nell'ambito del Piano delle Attività di Ricerca 2016-2018 dell'INAIL e nell'ambito del progetto finanziato dal Decreto RT 2165 del 09/04/2015 Regione Toscana "Rischio di esposizione da Agenti fisici negli ambienti di lavoro: sviluppo e adeguamento del Portale Agenti Fisici per promuovere la valutazione del rischio e gli interventi di prevenzione in tutti i comparti lavorativi". L'utente dovrà consultare i documenti di "Guida all'utilizzo della Banca Dati" per ogni singolo Agente Fisico al fine di poter utilizzare in maniera appropriata i dati in essa contenuti. Si declina qualsiasi responsabilità derivante da un utilizzo improprio dei dati e delle informazioni contenute nelle Banche Dati e nel Portale.

- [Home](#)
- [Corsi, Webinar, Eventi PAF](#)
- [Rumore](#)
- [Vibrazioni Mano-Braccio](#)
- [Vibrazioni Corpo Intero](#)
- [Campi Elettromagnetici](#)
- [Radiazioni Ottiche Artificiali](#)
- [Radiazioni Ottiche Naturali](#)
- [Radiazioni Ionizzanti Naturali](#)
- [Radiazioni Ionizzanti Artificiali](#)
- [Atmosfere Iperbariche](#)
- [Microclima](#)
- [Descrizione del rischio](#)
- [Normativa](#)
- [Metodiche di valutazione del rischio](#)
- [Calcolatori Stress Termico](#)
- [Prevenzione e protezione](#)
- [Documentazione](#)
- [Progetto Workclimate](#)
- [FAQ Microclima](#)
- [Normativa e Linee Guida](#)
- [Contatti](#)
- [Chi siamo](#)
- [Newsletter](#)
- [Documentazione per la Fornitura dati](#)
- [Materiale Didattico](#)
- [FAQ](#)



Rumore



Mano-braccio



Corpo Intero



Campi Elettro-Magnetici



Radiazioni Ottiche Artificiali



Radiazioni Ottiche Naturali



Radiazioni Ionizzanti Naturali



Radiazioni Ionizzanti Artificiali



Atmosfere Iperbariche



Microclima



### Newsletter

Per essere aggiornato iscriviti alla newsletter PAF

### eventi

Corso di aggiornamento RSPP - Valutatore di Radiazioni ottiche

### Webinar

14.8.11 mar 2022

### news

Publicato on-line Materiale Didattico Corso Radiazioni Ottiche del 24/11/21 7 dic 2021

Sono consultabili on line sul Portale Agenti Fisici le nuove indicazioni operative per la prevenzione del rischio da agenti fisici 21 ago 2021

Approvate le nuove Indicazioni Operative per la Prevenzione del Rischio da Agenti Fisici 24 ago 2021

Approvate le Linee di Indirizzo su Prevenzione Rischio Microclima

www.portaleagentifisici.it

Uscita online il 28 giugno 2019

# Indicazioni operative

## Scaricabili dal sito del Portale Agenti Fisici

[https://www.portaleagentifisici.it/fo\\_microclima\\_normativa.php?lg=IT](https://www.portaleagentifisici.it/fo_microclima_normativa.php?lg=IT)



COORDINAMENTO  
TECNICO PER LA SICUREZZA NEI LUOGHI DI  
LAVORO DELLE REGIONI E DELLE PROVINCE AUTONOME  
Gruppo Tematico Agenti Fisici

### Indicazioni operative per la prevenzione del rischio da Agenti Fisici ai sensi del Decreto Legislativo 81/08

- Parte 1: Titolo VIII Capo 1
- Parte 2: Radiazione Solare
- Parte 3: Microclima
- Parte 4: Rumore
- Parte 5: Vibrazioni

in collaborazione con:



INAIL - Istituto Nazionale  
per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro



Istituto Superiore di Sanità

**Il testo è stato redatto dal Gruppo Tematico Agenti Fisici del Coordinamento Tecnico Interregionale - INAIL**  
coordinatrice Iole Pinto

#### GRUPPO DI LAVORO MICROCLIMA composto da:

Coordinatori: Paolo Lenzini (INAIL); Pierangelo Tura (ARPA Piemonte)

Sandra Bernardelli (Regione Emilia Romagna)  
Lucia Bramanti (Regione Toscana)  
Giovanni De Vito (Regione Lombardia);  
Miriam Levi (Regione Toscana)  
Martina Grisorio (Regione Piemonte)  
Nicola Marisi (Regione Abruzzo);  
Sara Quirini (Provincia Autonoma Bolzano)  
Laura Filosa (INAIL)  
Antonio Moschetto (INAIL),  
Simona Del Ferraro (INAIL),  
Vincenzo Molinaro (INAIL)  
Michele Del Gaudio (INAIL)

Referenti Regione Toscana: Giovanna Bianco, Elisabetta De Melis, Trofimenia Galibardi; Vincenzo Di Benedetto.

- ❖ Approvate definitivamente il 19/08/2021
- ❖ Indicazioni operative che intendono orientare ad una adeguata e corretta applicazione D.Lgs. 81/08 in relazione alla prevenzione dei rischi da Agenti Fisici
- ❖ Le indicazioni sono raccolte sotto forma di «FAQ»

### Parte 3: Microclima

SEZIONE A EFFETTI SULLA SALUTE E SORVEGLIANZA SANITARIA		
A.1	Quali sono gli effetti sulla salute e sulla sicurezza dovuti all'esposizione a caldo/freddo?	9
A.2	Cosa si intende con "ambiente termico moderato"?	12
A.3	Cosa si intende con "ambiente termico severo"?	12
A.4	Quali sono i soggetti particolarmente sensibili al rischio microclima?	13
A.5	In quali casi e con quali modalità va attivata la sorveglianza sanitaria in relazione al rischio microclima?	15

SEZIONE B METODICHE E STRUMENTAZIONE PER LA MISURA E LA STIMA DEI PARAMETRI MICROCLIMATICI		
B.1	Quali requisiti deve avere la strumentazione di misura delle grandezze fisiche ambientali?	21
B.2	Quali criteri vanno applicati per la taratura della strumentazione di misura?	22
B.3	Come si effettua la stima dell'attività metabolica?	23
B.4	Come si effettua la stima delle quantità fisiche descrittive del vestiario?	26
B.5	Secondo quale metodologia deve essere effettuata la misura delle grandezze fisiche ambientali?	29
B.6	Quali sono il periodo dell'anno e l'orario più opportuno per eseguire una misura delle grandezze fisiche ambientali?	29
B.7	Quali fattori devono essere considerati per definire il numero di postazioni di misura e la relativa collocazione spaziale delle stesse in un ambiente termico moderabile?	30
B.8	Quale deve essere la posizione delle sonde in una postazione di misura?	31
B.9	Quale deve essere il numero di misure da eseguire in ciascuna postazione?	31
B.10	Quale deve essere la durata minima di una misura delle grandezze fisiche ambientali?	31
B.11	Quale deve essere il tempo minimo da interporre fra due misure consecutive?	32
B.12	Secondo quali criteri l'ambiente termico può essere considerato stazionario in relazione al soggetto esposto?	33
B.13	Come si procede in presenza di ambienti non stazionari?	34
B.14	Secondo quali criteri un ambiente termico può essere considerato omogeneo attorno al soggetto esposto?	36
B.15	Come si stima l'incertezza di misura?	37

SEZIONE C VALUTAZIONE DEL RISCHIO		
C.1	In quali situazioni lavorative è necessario procedere sempre ad una valutazione dettagliata del microclima?	43
C.2	Quali strategie sono utilizzabili per la valutazione del rischio microclima?	44
C.3	Quali sono le condizioni nelle quali la valutazione del rischio può concludersi con la "giustificazione"?	45
C.4	E' sempre necessario effettuare misurazioni specifiche ai fini della valutazione del rischio microclima?	45
C.5	Quali sono gli indici descrittivi (e i relativi valori di riferimento) che possono essere utilizzati per effettuare la valutazione del comfort (discomfort) termico?	46
C.6	Cosa s'intende con "comfort/discomfort locale" e come si valuta?	48
C.7	Quali sono gli indici descrittivi (e i relativi valori di riferimento) che possono essere utilizzati per effettuare la valutazione dello stress termico da ambiente caldo?	52
C.8	Quali sono gli indici descrittivi (e i relativi valori di riferimento) che possono essere utilizzati per effettuare la valutazione dello stress termico da ambiente freddo?	55
C.9	Quali sono le grandezze fisiche ambientali ed i parametri personali/soggettivi che devono essere stimati nell'ambito di una valutazione microclimatica?	58
C.10	E' possibile effettuare la media su più giorni/settimane/mesi ai fini della valutazione dei parametri di comfort/rischio associati all'ambiente termico?	61
C.11	Quali sono i co-fattori di rischio da valutare in relazione all'esposizione a microclima?	61
C.12	Come si valuta il rischio microclima in lavorazioni outdoor?	62
C.13	Esistono criteri specifici per la valutazione del microclima nei mezzi di trasporto?	63
C.14	Come si effettua la valutazione del rischio microclima per soggetti con suscettibilità individuali?	67

SEZIONE D GESTIONE DEL RISCHIO		
D.1	Come comportarsi all'esito della valutazione?	75
D.2	Come deve essere strutturato e che cosa deve riportare la Relazione Tecnica di supporto al Documento di Valutazione del rischio microclima?	78
D.3	Esistono dispositivi di protezione individuali o dispositivi ausiliari indossabili?	79

D.4	Informazione e formazione: quando e con quali contenuti? In quali casi è necessario effettuare specifica informazione/formazione?	80
D.5	Come gestire il rischio microclima per lavoratori outdoor?	82
D.6	Come gestire il rischio per lavoratori in regime di auto restrizione idrica?	85
D.7	Quali criteri per gestire l'acclimatamento?	86
D.8	Quali indicazioni operative in relazione all' insorgenza di malattie da calore sul luogo di lavoro?	88

SEZIONE E VIGILANZA		
E.1	Nell'ambito del D.Lgs. 81/2008, in ottemperanza a quali riferimenti deve essere effettuata la valutazione del microclima?	93
E.2	In quali casi è appropriato richiedere da O.V. che la valutazione va eseguita in riferimento al Titolo VIII, ed in quali in riferimento all'Allegato IV del D.Lgs. 81/2008?	94
E.3	Esistono ambienti nei quali i valori limite di accettabilità delle quantità microclimatiche sono stabiliti da legislazione specifica?	95
E.4	Esistono dei limiti di riferimento per le situazioni in cui i lavoratori passano da ambienti freddi ad ambienti caldi o viceversa?	96
E.5	Come deve essere gestito il rischio microclima nell'ambito della valutazione dei rischi all'interno dei cantieri (POS e PSC) e dei rischi interferenti (DUVRI)?	97

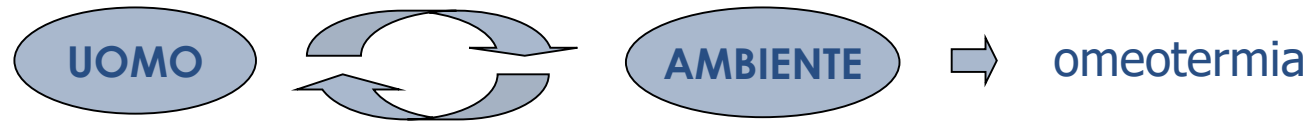
Bibliografia	99
--------------	----

Osservazioni pervenute	104
------------------------	-----



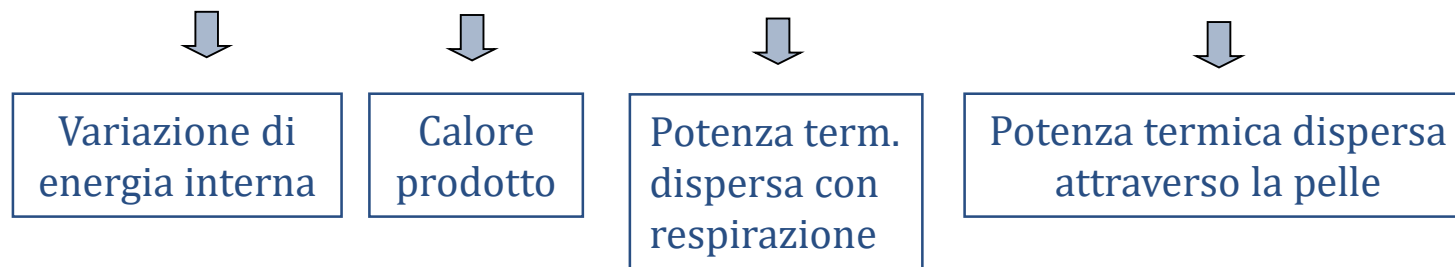
# INTRODUZIONE

## L'equazione di bilancio termico



### EQUAZIONE DI BILANCIO TERMICO

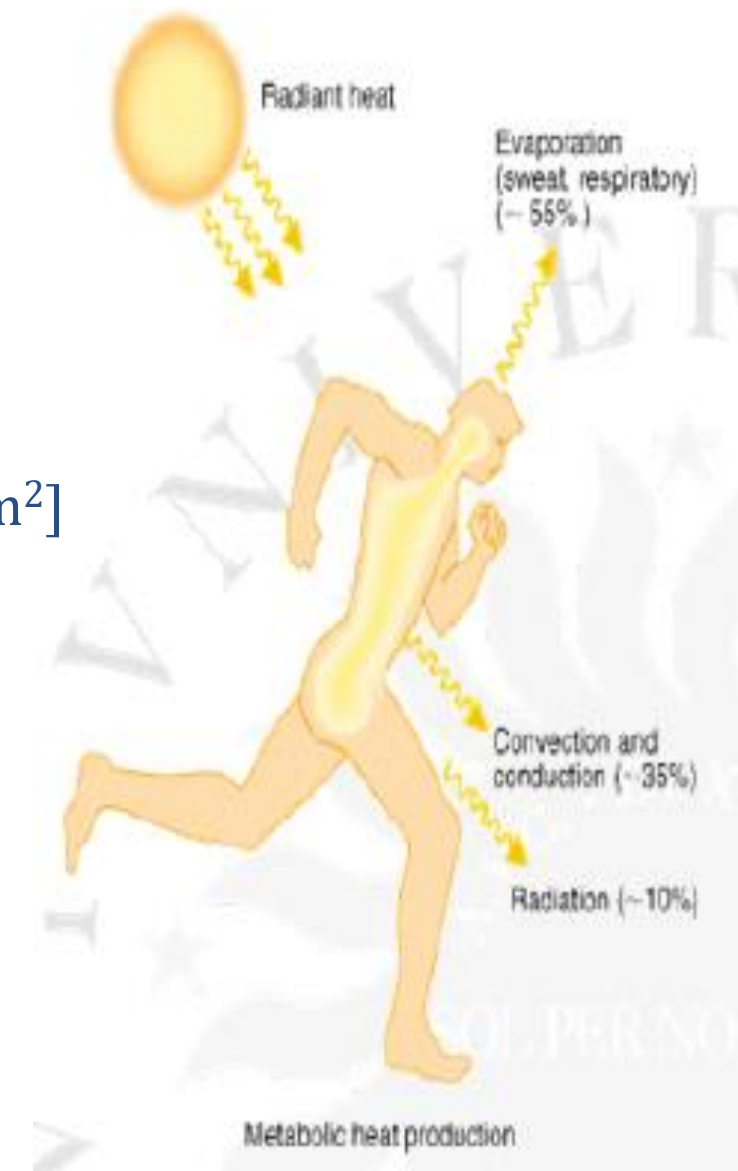
$$S = (M - W) - (C_{res} \pm E_{res} \pm C \pm R \pm E \pm K) \quad [W/m^2]$$



$S > 0$  potenza termica in ingresso > di quella in uscita → incremento  $T_c$

$S = 0$  potenza termica in ingresso = di quella in uscita →  $T_c$  costante

$S < 0$  potenza termica in ingresso < di quella in uscita → decremento  $T_c$



# INTRODUZIONE

## I parametri fondamentali dell'equazione di bilancio termico

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



$$S = f(M, I_{cl}, t_a, p_a, v_a, t_r)$$



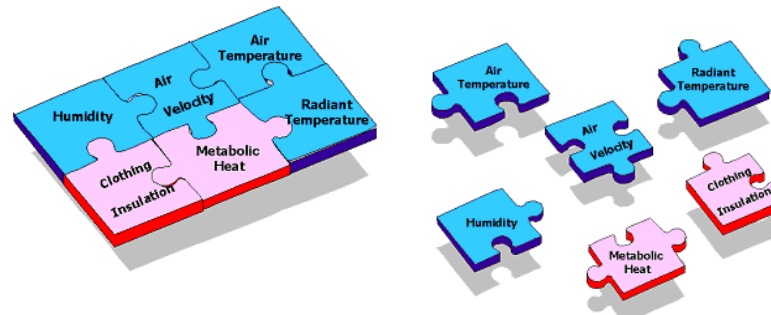
### 4 parametri AMBIENTALI:

- $t_a$  temperatura dell'aria [°C]
- $t_r$  temperatura media radiante [°C]
- $v_a$  velocità dell'aria [m/s]
- $p_a$  Pressione parziale di vapor acqueo (umidità)



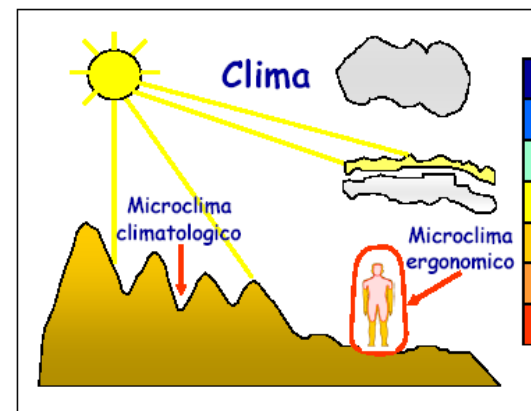
### DEFINIZIONE DI MICROCLIMA

Insieme di parametri ambientali che influenzano gli scambi termici tra soggetto e ambiente termico



### 2 parametri SOGGETTIVI:

- $M$  Metabolismo energetico [met]
- $I_{cl}$  Isolamento termico dell'abbigliamento [clo]



# GLI AMBIENTI TERMICI

## AMBIENTI MODERATI

non è presente alcun vincolo che impedisca il raggiungimento del comfort termico



**Obiettivo:**  
raggiungimento **COMFORT TERMICO**



## AMBIENTI CALDI O FREDDI

esiste un vincolo legato alle necessità produttive o alle condizioni ambientali che non consente il raggiungimento del comfort termico



**Obiettivo:**  
**SALVAGUARDIA** della sicurezza e della salute dei lavoratori

### AMBIENTI FREDDI



### AMBIENTI CALDI



AMBIENTI MODERATI



# AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

## Ambito

### Ambienti ad obiettivo comfort

Tutti quegli ambienti nei quali NON si individua alcun vincolo in grado di pregiudicare il raggiungimento di condizioni di comfort vengono detti moderabili.



**Negli ambienti moderabili l'obiettivo è il raggiungimento del comfort.**

**BENESSERE TERMICO** è definito come *lo stato psicofisico nel quale il soggetto esprime soddisfazione verso l'ambiente termico che lo circonda*



# AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

## La valutazione del comfort

Gli studi sul comfort termico mirano a stabilire una relazione tra la sensazione termica umana e i 6 parametri.

La sensazione termica è quantificata attraverso una scala a 7 punti

voto	sensazione
+3	molto caldo
+2	caldo
+1	leggermente caldo
0	né caldo né freddo
-1	leggermente freddo
-2	freddo
-3	molto freddo

Neutralità termica

Gli indici più utilizzati derivano da un approccio teorico, basato sull'applicazione del primo principio della termodinamica al corpo umano.

# AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

## L'indice PMV – indice per la valutazione del comfort globale

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) + [(M - W) - 3.05 \times 10^{-3} x [5733 - 6.99(M - W) - p_a] - 0.42(M - W) - 58.15] + -1.7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0.0014 M (34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \left\{ 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot \left[ (t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4 \right] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \right\}$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{for } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{for } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{for } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{for } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases}$$

-3 < PMV < 3

AFFIDABILITA'

-2 < PMV < 2

CAMPI DI APPLICABILITA'

M	0.8-4 Met
I <sub>cl</sub>	0-2 clo
t <sub>a</sub>	10-30 °C
t <sub>r</sub>	10-40°C
v <sub>a</sub>	0-1 m/s
p <sub>a</sub>	0-2700 Pa

L'equazione viene risolta per iterazione

$$PMV = f(M, I_{cl}, t_a, t_r, v_{ar}, p_a)$$

giudizio medio previsto che un ampio gruppo di persone esprimerebbe essendo esposte alle medesime condizioni microclimatiche in esame, espresso in una scala di sensazione termica a 7 punti.

voto	sensazione
+3	molto caldo
+2	caldo
+1	leggermente caldo
0	né caldo né freddo
-1	leggermente freddo
-2	freddo
-3	molto freddo

INTERNATIONAL STANDARD

ISO 7730

Third edition 2005-11-15

Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local



Reference number ISO 7730:2005(E)

© ISO 2005

INGIL

# AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

## PMV e PPD

il PMV quantifica un voto medio, esiste una percentuale di persone che non sono soddisfatte rispetto alle condizioni in esame, ovvero che voterebbero *caldo, molto caldo, freddo, molto freddo*



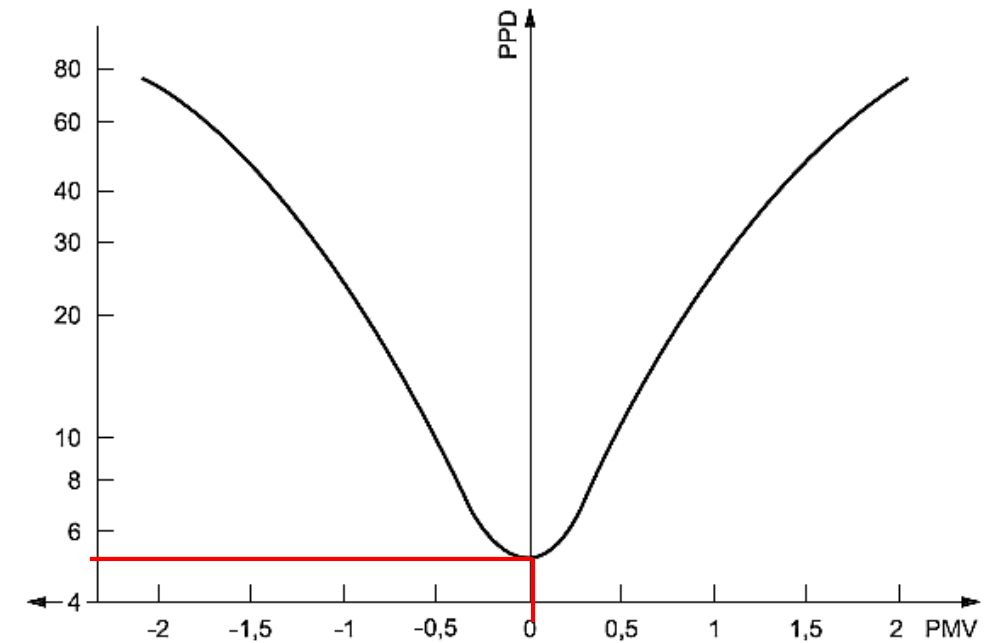
*Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD)*

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,033\ 53 \cdot PMV^4 - 0,217\ 9 \cdot PMV^2)$$

Table 2 — Distribution of individual thermal sensation votes for different values of mean vote

PMV	PPD	Persons predicted to vote <sup>a</sup>		
		%		
		0	-1, 0 or +1	-2, -1, 0, +1 or +2
+2	75	5	25	70
+1	25	30	75	95
+0,5	10	55	90	98
0	5	60	95	100
-0,5	10	55	90	98
-1	25	30	75	95
-2	75	5	25	70

<sup>a</sup> Based on experiments involving 1 300 subjects.



Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local



# AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

## Discomfort locali

l'ambiente può non essere omogeneo dal punto di vista termico e alcune parti del corpo umano possono trovarsi in condizioni termiche particolari e determinare dei discomfort locali

INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO  
7730

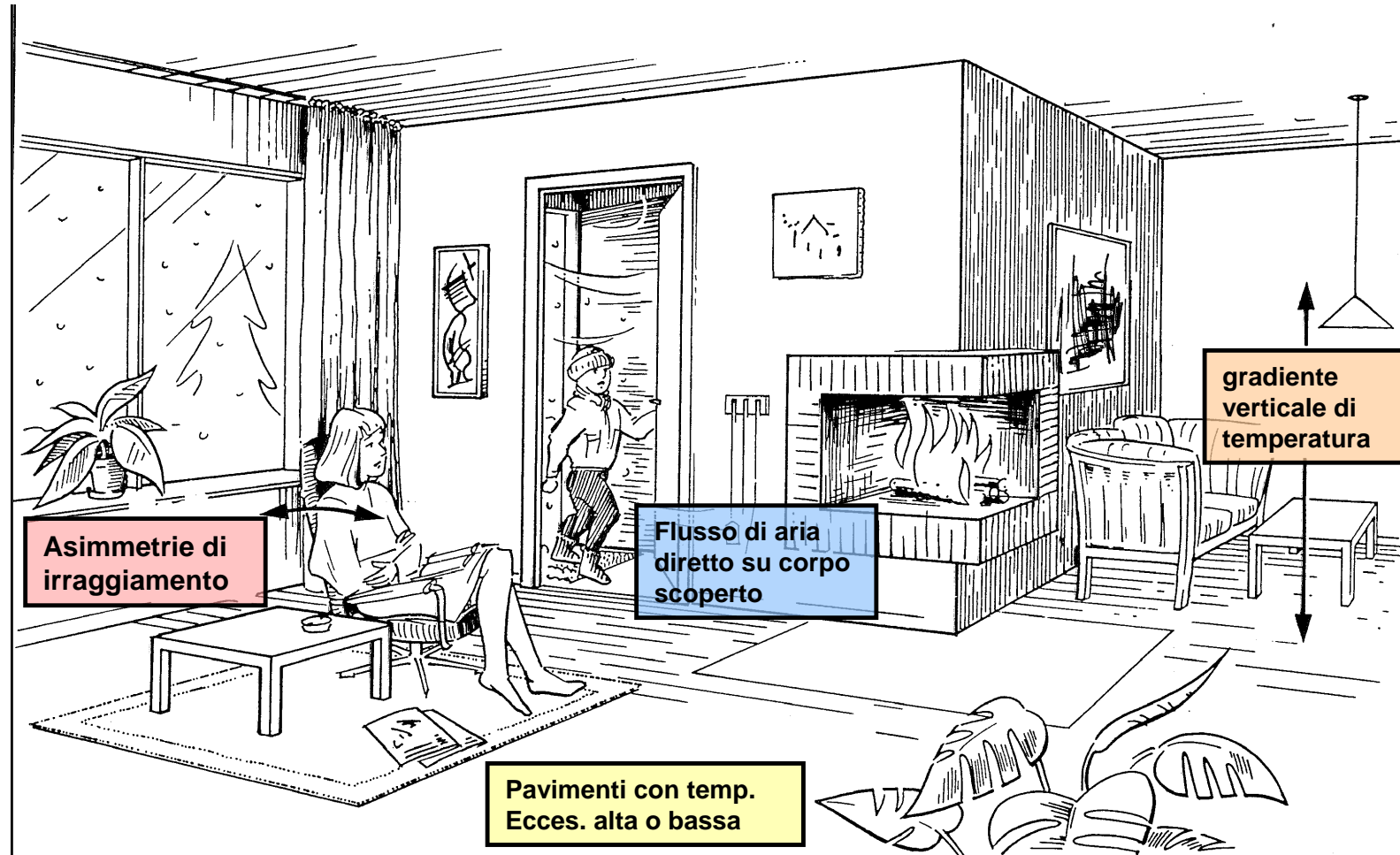
Third edition  
2005-11-15

1 correnti d'aria

2 gradiente  
verticale della  
temperatura

3 pavimenti troppo  
caldi o freddi

4 asimmetria  
radiante



Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria

Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local

# AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

## Discomfort locali

### 1 correnti d'aria

$$DR = (34 - t_{a,l}) (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot \bar{v}_{a,l} \cdot Tu + 3,14)$$

For  $\bar{v}_{a,l} < 0,05$  m/s: use  $\bar{v}_{a,l} = 0,05$  m/s

For  $DR > 100$  %: use  $DR = 100$  %

where

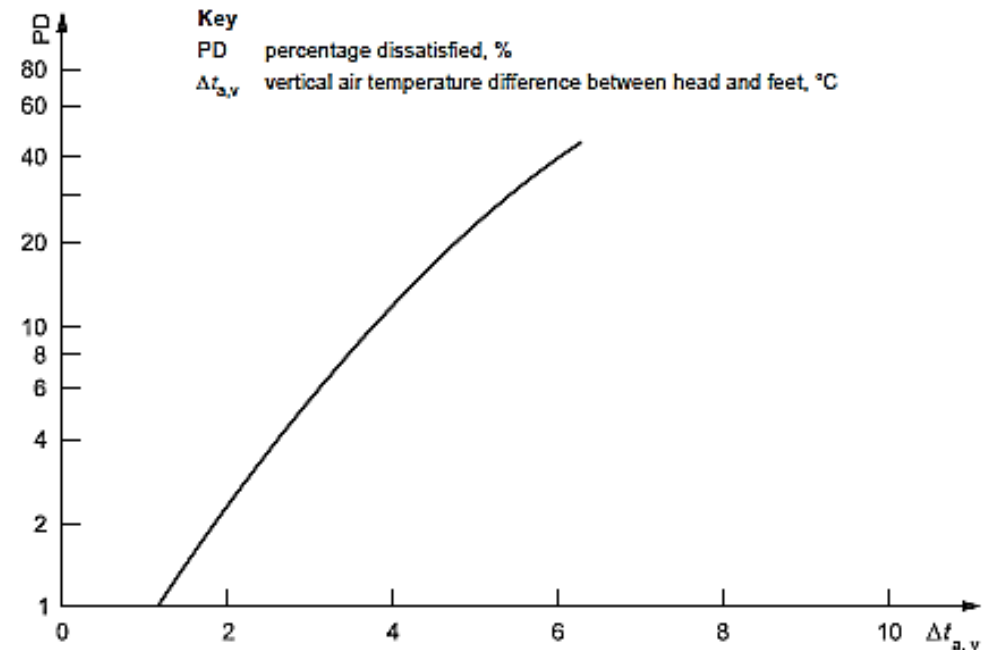
$t_{a,l}$  is the local air temperature, in degrees Celsius, 20 °C to 26 °C;

$\bar{v}_{a,l}$  is the local mean air velocity, in metres per second, < 0,5 m/s;

$Tu$  is the local turbulence intensity, in percent,  
10 % to 60 % (if unknown, 40 % may be used).

### 2 gradiente verticale della temperatura (tra caviglie e nuca)

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(5,76 - 0,856 \cdot \Delta t_{a,v})}$$

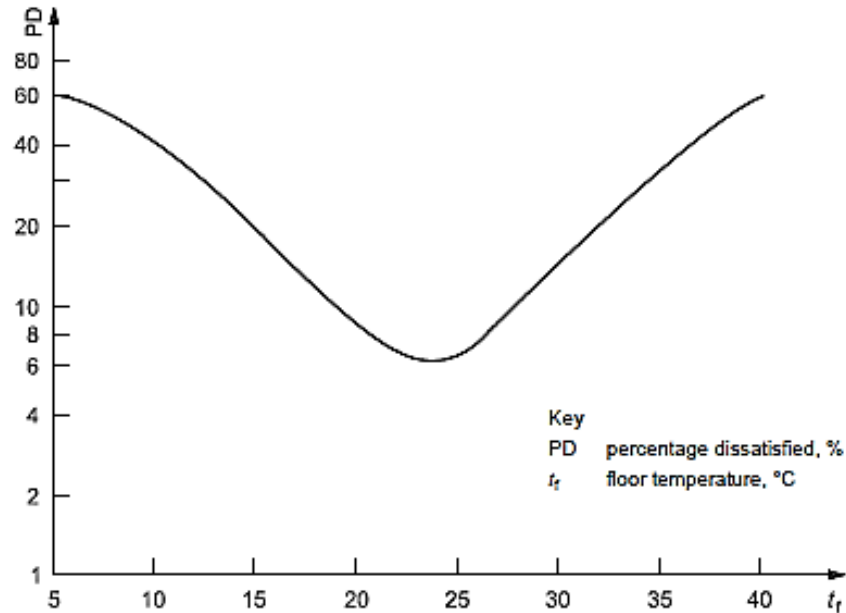


# AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

## Discomfort locali

### 3 pavimenti troppo caldi o freddi

$$PD = 100 - 94 \cdot \exp(-1,387 + 0,118 \cdot t_f - 0,0025 \cdot t_f^2)$$



### 4 asimmetria radiante

#### a) Warm ceiling

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(2,84 - 0,174 \cdot \Delta t_{pr})} - 5,5$$

$$\Delta t_{pr} < 23 \text{ °C}$$

#### b) Cool wall

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(6,61 - 0,345 \cdot \Delta t_{pr})}$$

$$\Delta t_{pr} < 15 \text{ °C}$$

#### c) Cool ceiling

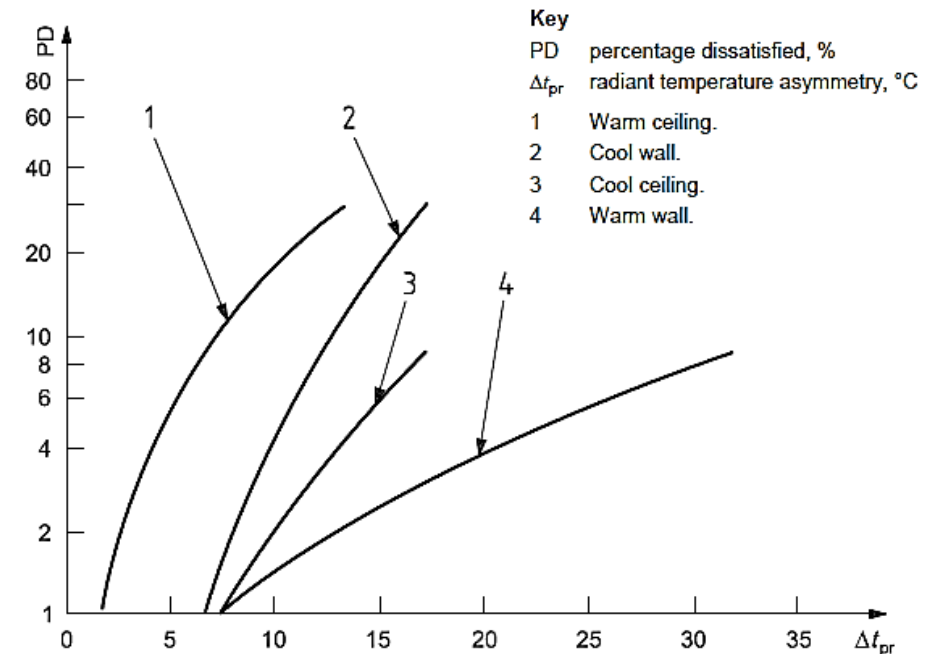
$$PD = \frac{100}{1 + \exp(9,93 - 0,50 \cdot \Delta t_{pr})}$$

$$\Delta t_{pr} < 15 \text{ °C}$$

#### d) Warm wall

$$PD = \frac{100}{1 + \exp(3,72 - 0,052 \cdot \Delta t_{pr})} - 3,5$$

$$\Delta t_{pr} < 35 \text{ °C}$$



# AMBIENTI AD OBIETTIVO COMFORT

## Ambienti moderati – criteri di comfort

**Table A.1 — Categories of thermal environment**

Category	Thermal state of the body as a whole		Local discomfort			
	PPD %	PMV	DR %	vertical air temperature difference	PD % caused by warm or cool floor	radiant asymmetry
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

Le condizioni devono valere contemporaneamente



AMBIENTI CALDI

# LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI AMBIENTI TERMICI

**D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81**  
Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106

## TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO

Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

(Gazzetta Ufficiale n. 101 del 30 aprile 2008 - Suppl. Ordinario n. 108)  
(Decreto integrativo e correttivo: Gazzetta Ufficiale n. 180 del 05 agosto 2009 - Suppl. Ordinario n. 142/L)

REV. GENNAIO 2022

DOCT. ING. GIANFRANCO AMATO - DOCT. ING. FERNANDO DI FIORE

IL PRESENTE TESTO NON RIVESTE CARATTERI DI UFFICIALITÀ. LE VERSIONI UFFICIALI DEI DOCUMENTI SONO PUBBLICATE SULLA GAZZETTA UFFICIALE DELLA REPUBBLICA ITALIANA A MEZZO STAMPA OPPURE SUI SITI [WWW.ISPETTORATO.GOV.IT](http://WWW.ISPETTORATO.GOV.IT), [WWW.LAVORO.GOV.IT](http://WWW.LAVORO.GOV.IT), [WWW.NORMATIVA.IT](http://WWW.NORMATIVA.IT). LE CONSIDERAZIONI ESPOSTE SONO FRUTTO ESCLUSIVO DEL PENSIERO DEGLI AUTORI E NON HANNO CARATTERE IN ALCUN MODO IMPREGIATIVO PER L'AMMINISTRAZIONE PUBBLICA DI APPARTENENZA. NON SI ASSUME NESSUNA RESPONSABILITÀ PER EVENTUALI DANNI SIA DIRETTI CHE INDIRETTI CAUSATI DALL'USO DEL PRESENTE TESTO.

CON IL SOSTEGNO DI [IA-ISPETTORI DEL LAVORO ASSOCIATI](http://WWW.IA-ISPETTORI.LAVORO.ASSOCIATI)

QUESTA OPERA È RILASCIATA SECONDO LA SEGUENTE LICENZA CREATIVE COMMONS



[HTTP://CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/BY-NC/3.0/DEED.IT](http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/deed.it)

Versione aggiornata su <http://www.8108amatodifiore.it>

INL

Direzione centrale tutela, sicurezza e vigilanza del lavoro

Nota del 02/07/2021, prot. n. 4639

Oggetto: tutela dei lavoratori - stress termico ambientale

In considerazione dei rischi cui risultano esposti i lavoratori in conseguenza delle condizioni microclimatiche della stagione estiva, caratterizzata da temperature particolarmente elevate, d'intesa con il coordinamento tecnico delle Regioni, **si segnala l'opportunità di intensificare le azioni di prevenzione del rischio da stress termico**, con particolare riferimento ai cantieri edili e stradali, all'agricoltura e al florovivaismo, anche attraverso iniziative di sensibilizzazione e comunicazione da condividersi nell'ambito dei Comitati di coordinamento regionali e provinciali, ex [art. 7, d.lgs. n. 81/2008](http://art.7.d.lgs.n.81/2008).

Tali iniziative potranno richiamare i contenuti della circolare 18 maggio 2021 "Sistema operativo nazionale di previsione e prevenzione degli effetti del caldo sulla salute - Attività 2021 in relazione all'epidemia COVID-19" con cui il Ministero della Salute, anche per l'anno in corso, ha fornito indicazioni per la gestione e le prevenzione degli effetti conseguenti a ondate di calore (<https://www.salute.gov.it/portale/caldo/homeCaldo.jsp>), gli indirizzi per la valutazione dei rischi da stress termico e per l'individuazione delle possibili misure di mitigazione la cui documentazione è consultabile alla Sezione "Microclima" del Portale Agenti Fisici, al seguente link: [https://www.portaleagentifisici.it/fo\\_microclima\\_index.php?lg=IT](https://www.portaleagentifisici.it/fo_microclima_index.php?lg=IT), nonché i contenuti del progetto worklimate (<https://www.worklimate.it>).

Nel corso delle predette iniziative, sarà inoltre rappresentata la possibilità per le aziende di aderire a quanto previsto dall'INPS - [Messaggio n. 1856 del 03/05/2017](http://Messaggio.n.1856.del.03/05/2017) ("le temperature eccezionalmente elevate (superiori a 35°), che impediscono lo svolgimento di fasi di lavoro in luoghi non proteggibili dal sole o che comportino l'utilizzo di materiali o lo svolgimento di lavorazioni che non sopportano il forte calore, possono costituire evento che può dare titolo alla CIGO").

Attesi gli obblighi in materia di valutazione dei rischi, con riferimento specifico al settore dell'edilizia, nel [Titolo IV del d.lgs. n. 81/08](http://Titolo.IV.del.d.lgs.n.81/08) sono previste precise responsabilità a carico dei coordinatori e dei datori di lavoro desumibili dagli [art. 92](http://art.92) e [96](http://art.96), oltre che dall'[allegato XV](http://allegato.XV).

**Il personale ispettivo dell'INL, nel corso dell'attività ispettiva in materia di salute e sicurezza, nei settori di competenza previsti dall'art. 13 del d.lgs. n. 81/08, presterà particolare attenzione ai rischi derivanti per i lavoratori dall'innalzamento delle temperature ed alle misure adottate al fine di garantire l'incolumità dei lavoratori nel rispetto di quanto previsto dal citato d.lgs. n. 81/08, tenuto conto dell'analisi e valutazione dei rischi aziendali e del programma di sorveglianza sanitaria redatto dal Medico competente, nonché delle indicazioni tecniche e linee guida sopra richiamate.**

D.lgs. 9 Aprile 2008, n. 81 - Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro - Appendice Normativa

Pagina 462 di 675

# LA VALUTAZIONE DEGLI AMBIENTI CALDI

## 1) Prima valutazione con l'indice WBGT

E' un metodo di screening per valutare lo stress termico a cui è esposto un individuo

NORMA EUROPEA	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dello stress da calore utilizzando l'indice WBGT (temperatura globo del bulbo bagnato)	UNI EN ISO 7243
		NOVEMBRE 2017
	Ergonomics of the thermal environment - Assessment of heat stress using the WBGT (wet bulb globe temperature) index	
	La norma illustra una metodologia di controllo da impiegare per valutare lo stress da calore a cui una persona è esposta e stabilire la presenza o meno di condizioni di rischio. Essa si applica alla valutazione degli effetti indotti dal calore su un soggetto nel corso di una giornata lavorativa (fino a 8 ore). Non può essere utilizzata, in situazioni in cui l'esposizione al calore è di breve durata. La norma è indicata per valutare il livello di stress calorico presente in ambienti di tipo occupazionale, interni ed esterni o di altra tipologia, al quale possono essere esposti i lavoratori adulti di entrambi i sessi.	

## 2) Valutazione più approfondita con il modello PHS

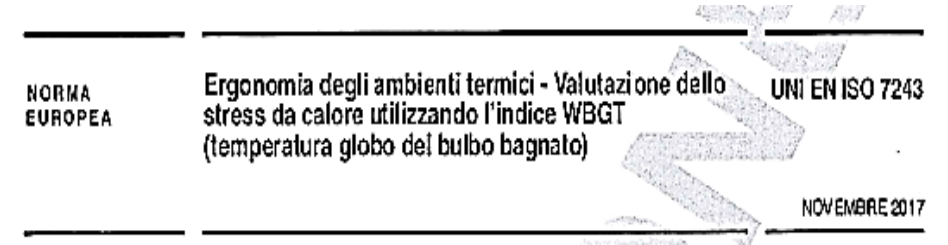
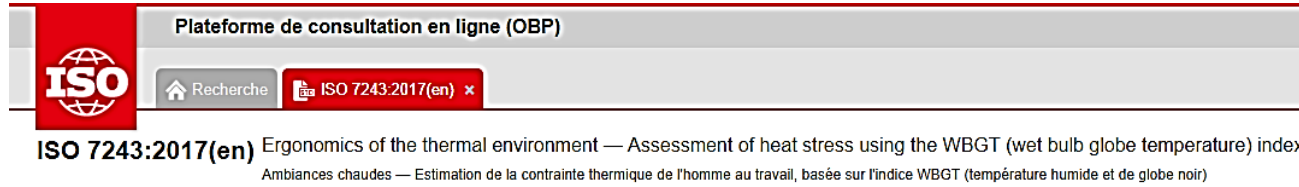
NORMA EUROPEA	Ergonomia dell'ambiente termico Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile	UNI EN ISO 7933
		FEBBRAIO 2005
	Ergonomics of the thermal environment Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain	
	La norma specifica un metodo per la valutazione analitica e l'interpretazione dello stress termico provato da un soggetto in un ambiente caldo. Essa descrive un metodo per prevenire la quantità di sudore e la temperatura interna del nucleo che il corpo umano avrà in risposta alle condizioni di lavoro. I principali obiettivi della norma sono i seguenti: a) la valutazione dello stress termico in condizioni prossime a quelle che portano ad un aumento eccessivo della temperatura del nucleo o ad una eccessiva perdita di acqua per la persona media; b) la determinazione dei tempi di esposizione per i quali la sollecitazione fisiologica è accettabile (non sono prevedibili danni fisici). Nell'ambito di questo protocollo di previsione, questi tempi di esposizione sono detti "durata limite massima di esposizione".	

AMBIENTI CALDI

Indice WBGT  
(Wet Bulbe Globe Temperature)

# LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTI CALDI

## Indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)



## WBGT=Wet Bulb Globe Temperature

- E' un metodo utilizzato per una valutazione di prima approssimazione dello stress termico a cui un soggetto è esposto e stabilire se è presente stress termico oppure no
- Si applica per la valutazioni di esposizioni di uomini e donne idonee al lavoro ad ambienti di lavoro indoor e outdoor così come per altri tipi d ambienti.



# Indice WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)

## Procedura

### ① Calcolo valore indice WBGT effettivo ( $WBGT_{eff}$ )

$$WBGT_{eff} = WBGT + CAV$$

in assenza carico solare

$$WBGT = 0.7xt_{nw} + 0.3xt_g$$

in presenza di carico solare

$$WBGT = 0.7xt_{nw} + 0.2xt_g + 0.1xt_a$$



HP:  
camicia a maniche lunghe pantaloni in cotone

## CAV Clothing adjustment value

Table F.1 — WBGT CAVs for different clothing ensembles, in °C-WBGT

Ensemble	Comment	CAV [°C-WBGT]
Work clothes	Work clothes made from a woven fabric is the reference ensemble	0
Cloth coveralls	Woven fabric that includes treated cotton	0
Non-woven SMS coveralls as a single layer	A non-proprietary process to make non-woven fabrics from polypropylene	0
Non-woven polyolefin Coveralls as a single layer	A proprietary fabric made from polyethylene	2
Vapour-barrier apron with long sleeves and long length over cloth coveralls	The wrap-around apron configuration was designed to protect the front and sides of the body against spills from chemical agents	4
Double layer of woven clothing	Generally taken to be coveralls over work clothes	3
Vapour-barrier coveralls as a single layer, without hood	The real effect depends on the level of humidity and in many cases the effect is less.	10
Vapour-barrier coveralls with hood as a single layer	The real effect depends on the level of humidity and in many cases the effect is less.	11
Vapour-barrier over cloth coveralls, without hood	—	12
Hood <sup>a</sup>	Wearing a hood of any fabric with any clothing ensemble	+1

The CAVs are added to the measured WBGT to obtain  $WBGT_{eff}$

NOTE For high vapour resistance clothing there is a dependence on relative humidity. The CAVs represent the likely high value.

<sup>a</sup> This value is added to the CAV of the ensemble without hood or respirator.

# Indice WBGT- Calcolo valore di riferimento WBGT ( $WBGT_{ref}$ )

## 2 calcolo $WBGT_{ref}$

### Soggetto acclimatato:

è una persona che è stata esposta all'ambiente caldo (o ad ambienti più estremi) per almeno una intera settimana di lavoro, immediatamente prima del periodo in cui avviene la valutazione

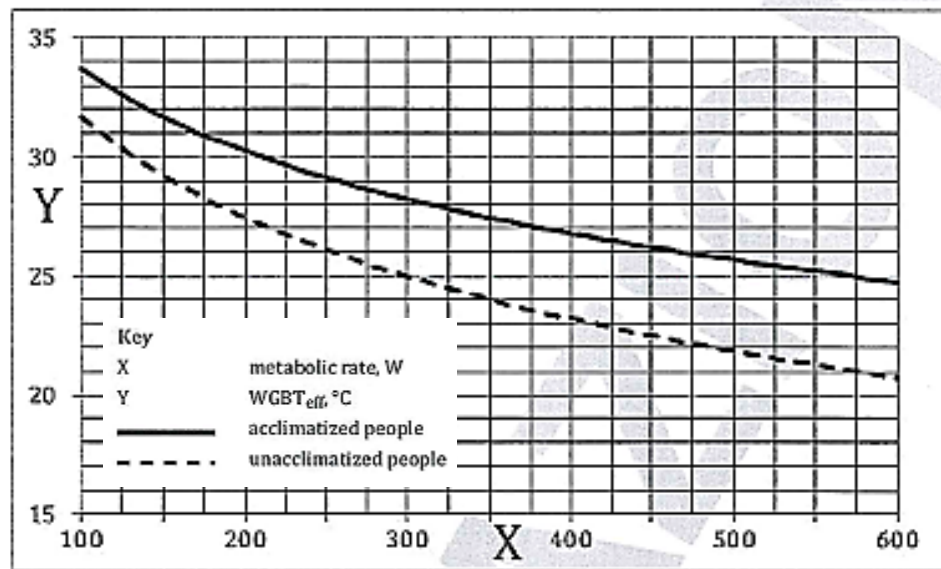


Table A.1 —  $WBGT_{eff}$  reference values for acclimatized and unacclimatized people for five classes of metabolic rate

Metabolic rate (class) (see Table E.1 for description)	Metabolic rate W	WBGT reference limit for persons acclimatized to heat °C	WBGT reference limit for persons unacclimatized to heat °C
Class 0 Resting metabolic rate	115	33	32
Class 1 Low metabolic rate	180	30	29
Class 2 Moderate metabolic rate	300	28	26
Class 3 High metabolic rate	415	26	23
Class 4 Very high metabolic rate	520	25	20

The values for  $WBGT_{eff}$  given here are provided for harmonization with existing national standards. As those standards are revisited in the future, the values from Figure A.1 or the related equations may be considered. The newer values will generally differ by  $\pm 1$  °C.

For acclimatized people (solid line)

For unacclimatized people (dashed line)

$$WBGT_{ref} = 56,7 - 11,5 \log_{10}(M) \text{ °C}$$

$$WBGT_{ref} = 59,9 - 14,1 \log_{10}(M) \text{ °C}$$

where  $115 < M < 520$  and  $M$  is the metabolic rate in watts (W).

# LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTI CALDI

## Indice WBGT- Interpretazione

$WBGT_{eff} < WBGT_{eff,ref}$   $\Rightarrow$  Non sono richieste ulteriori azioni

$WBGT_{eff} > WBGT_{eff,ref}$   $\left\{ \begin{array}{l} \text{Sono richieste ulteriori azioni:} \\ \Rightarrow - \text{ Ridurre lo stress termico con metodi appropriati} \\ \quad (\text{controllo ambiente, livello di attività, dei tempi di esposizione}) \\ \Rightarrow - \text{ Effettuare una valutazione pi\`u dettagliata dello stress termico} \\ \quad \text{attraverso al ISO 7933} \end{array} \right.$

Aumenta il rischio di patologie da caldo

I limiti di esposizione sono progettati per ridurre il rischio di patologie da caldo ma questo non preclude la possibilit\`a di altri rischi associati all'esposizione al caldo (bruciature o incidenti, calo della produttivit\`a, mancanza di comfort)

AMBIENTI CALDI

Modello PHS  
(Predicted Heat Strain)

# Modello PHS(**P**redicted **H**eat **S**train)

○ PHS = PREDICTED HEAT STRAIN

Procedura più dettagliata e affidabile per la valutazione analitica dello stress in ambienti severi caldi

<b>NORMA EUROPEA</b>	<b>Ergonomia dell'ambiente termico Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile</b>	<b>UNI EN ISO 7933</b>
	Ergonomics of the thermal environment Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain	FEBBRAIO 2005

○ OBIETTIVI DEL METODO

1. Valutazione dello stress termico in condizione prossime a quelle che portano un aumento eccessivo della temperatura del nucleo o ad una eccessiva perdita d'acqua
2. La determinazione dei tempi di esposizione per i quali la sollecitazione fisiologica è accettabile (DURATA LIMITE MASSIMA DI ESPOSIZIONE)



# MODELLO PHS – UNI EN ISO 7933:2005

- procedura complessa ed articolata
- di tipo iterativo
- permette di seguire nel tempo la risposta fisiologica alla sollecitazione termica
- si basa sul principio:

condizioni ottimali = condizioni di neutralità termica

Stress termico tanto più intenso quanto maggiore è il guadagno di energia

## ○ INTERVALLI DI APPLICABILITA' DEL MODELLO PHS E DATI DI INPUT

Table A.1 Ranges of validity of the PHS model

Parameters	Minimum	Maximum
$t_a$ °C	15	50
$p_a$ kPa	0	4,5
$t_r - t_a$ °C	0	60
$v_a$ ms <sup>-1</sup>	0	3
$M$ W	100	450
$I_{cl}$ clo	0,1	1,0

## ◆ I DATI DI INPUT

Table A.1 Ranges of validity of the PHS model

Parameters	Minimum	Maximum	
$t_a$ °C	15	50	} Rilievi con centralina
$p_a$ kPa	0	4,5	
$t_r - t_a$ °C	0	60	
$v_a$ ms <sup>-1</sup>	0	3	
$M$ W	100	450	⇒ UNI EN ISO 8996:2005
$I_{cl}$ clo	0,1	1,0	⇒ UNI EN ISO 9920:2009

+

- ✓ Peso soggetto
- ✓ Altezza soggetto
- ✓ Possibilità di bere?
  - si ⇒  $DRINK = 1$
  - no ⇒  $DRINK = 0$

- ✓ Postura:
  - Seduto
  - In piedi
  - accovacciato

- ✓ Acclimatato/non acclimatato

# MODELLO PHS – I limiti

## ◆ **LIMITI PER LA TEMPERATURA RETTALE**

$$t_{re,max} = 38^{\circ}C$$

Il valore massimo accettabile della temperatura rettale.

Assumere tale valore come limite rende molto improbabile il raggiungimento di temperature del nucleo che comportino situazioni di pericolo

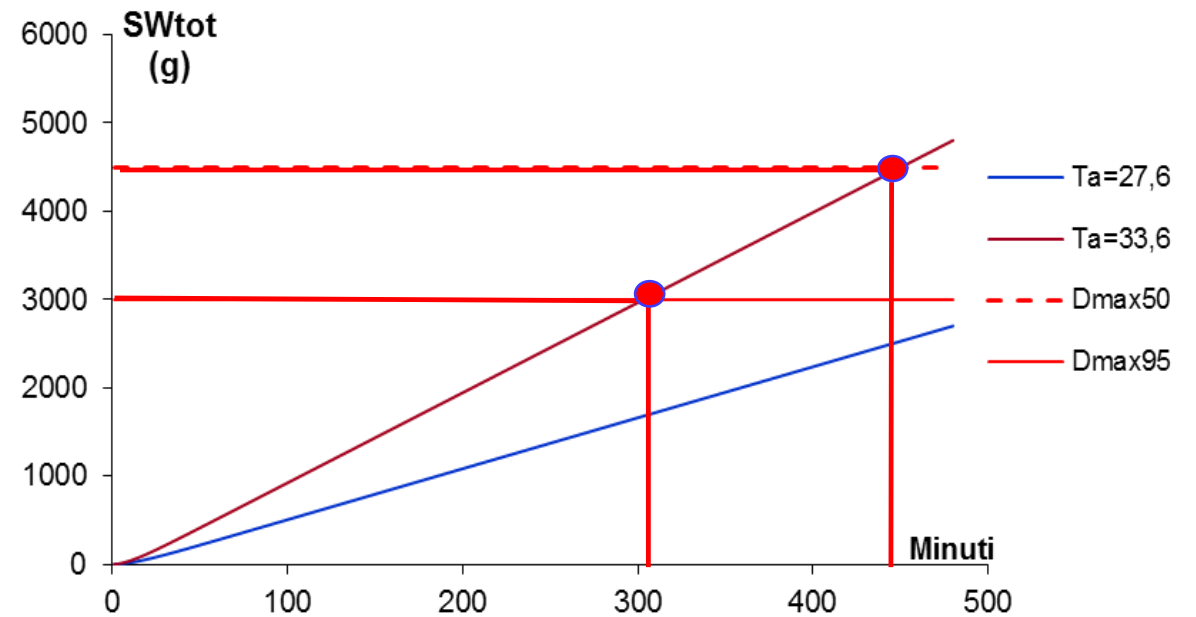
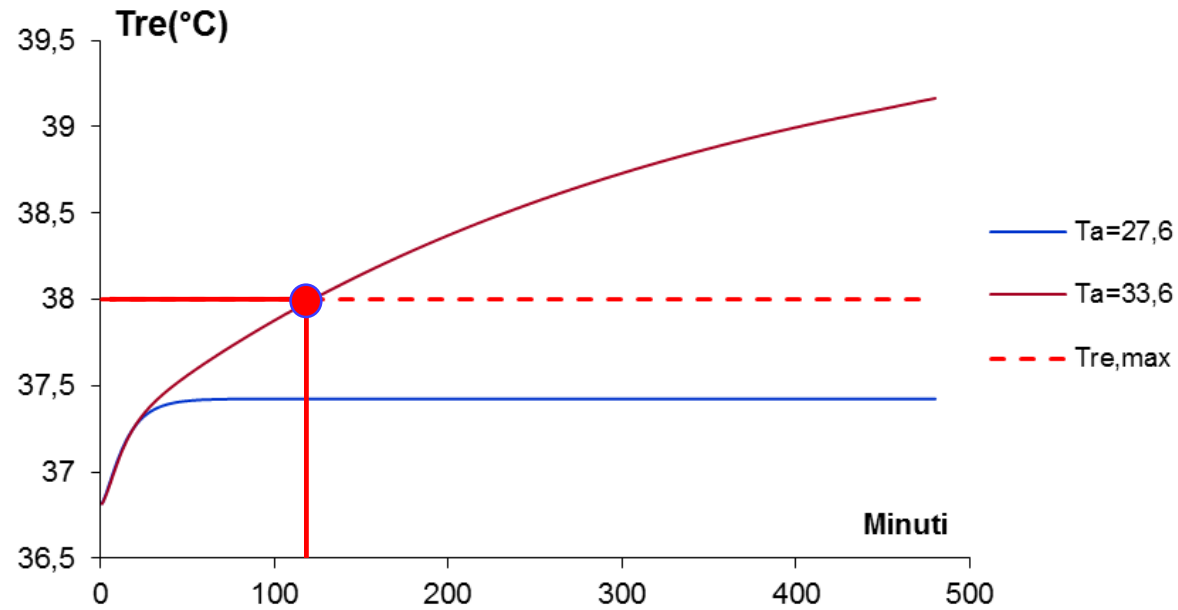
## ◆ **LIMITI PER LA PERDITA TOTALE DI ACQUA**

Massima perdita di acqua compatibile con il mantenimento dei parametri fisiologici

Si intende proteggere il 50% o il 95% percentile della popolazione esposta.

	Accesso ai liquidi	
	Libero (DRINK=1)	Negato (DRINK=0)
Dmax50	7% della massa corporea	3% della massa corporea
Damx95	5% della massa corporea	3% della massa corporea

# MODELLO PHS – Esempio di risultati



# LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTI CALDI

## MODELLO PHS – La procedura analitica

### E.2 Programme

' INITIALISATION

CLS

' The user must make sure that, at this point in the programme,  
' the following parameters are available.  
' Standard values must be replaced by actual values if necessary.  
' The water replacement is supposed to be sufficient so that the workers  
can drink freely (DRINK=1), otherwise the value DRINK=0 must be used  
weight = 75: ' body mass kilograms  
height = 1.8: ' body height meters  
Adu = .202 \* weight ^ .425 \* height ^ .725  
spHeat = 57.83 \* weight / Adu

SWp = 0

SWtot = 0: Tre = 36.8: Tcr = 36.8: Tsk = 34.1: Tcreq = 36.8: TskTcrwg = .3

Dlimtre = 0: Dlimloss50 = 0: Dlimloss95 = 0

Dmax50 = .075 \* weight \* 1000

Dmax95 = .05 \* weight \* 1000

' EXPONENTIAL AVERAGING CONSTANTS

' Core temperature as a function of the metabolic rate: time constant: 10 minutes

ConstTeq = EXP(-1 / 10)

' Skin Temperature: time constant: 3 minutes

ConstTsk = EXP(-1 / 3)

' Sweat rate: time constant: 10 minutes

ConstSW = EXP(-1 / 10)

Duration = 480: 'the duration of the work sequence in minutes

FOR time = 1 TO Duration

' INITIALISATION MIN PER MIN

Tsk0 = Tsk: Tre0 = Tre: Tcr0 = Tcr: Tcreq0 = Tcreq: TskTcrwg0 = TskTcrwg

' INPUT OF THE PRIMARY PARAMETERS

' The user must make sure that, at this point in the programme,

' the following parameters are available. In order for the user

' to test rapidly the programme, the data for the first case

## Annex F (normative)

### Examples of the Predicted Heat Strain Model computations

This annex provides the primary data and the main output data for 10 working conditions. This should be used to test that any particular version of the programme prepared from Annex E provides correct results within computational accuracy of 0.1 °C for the predicted rectal temperature and 1 % for water loss.

These 10 conditions were selected in order to tests all the different components of the programme.

Parameters (units)	Examples of working conditions									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acclimatized	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes	Yes
Posture	Standing	Standing	Standing	Standing	Sitting	Sitting	Standing	Standing	Standing	Standing
$t_a$ (°C)	40	35	30	28	35	43	35	34	40	40
$p_a$ (kPa)	2,5	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
$t_r$ (°C)	40	35	50	58	35	43	35	34	40	40
$v_a$ (m·s <sup>-1</sup> )	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$M$ (W·m <sup>-2</sup> )	150	150	150	150	150	103	206	150	150	150
$I_{cl}$ (clo)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,4	0,4
$\theta$ (degrees)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
Walk speed (m·s <sup>-1</sup> )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Final $t_{re}$ (°C)	37,5	39,8	37,7	41,2	37,6	37,3	39,2	41,0	37,5	37,6
Water loss (g)	6168	6935	7166	5807	3892	6763	7236	5548	6684	5379
$D_{lim\ tre}$ (min)	480	74	480	57	480	480	70	67	480	480
$D_{limloss50}$ (min)	439	385	380	466	480	401	372	480	407	480
$D_{limloss95}$ (min)	298	256	258	314	463	271	247	318	276	339



AMBIENTI FREDDI

# Ambienti freddi

## Gli effetti dovuti al freddo

### **RAFFREDDAMENTO GLOBALE**

Raffreddamento del corpo nel suo complesso → Indice **IREQ** (UNI EN ISO 11079)

### **RAFFREDDAMENTO LOCALE**

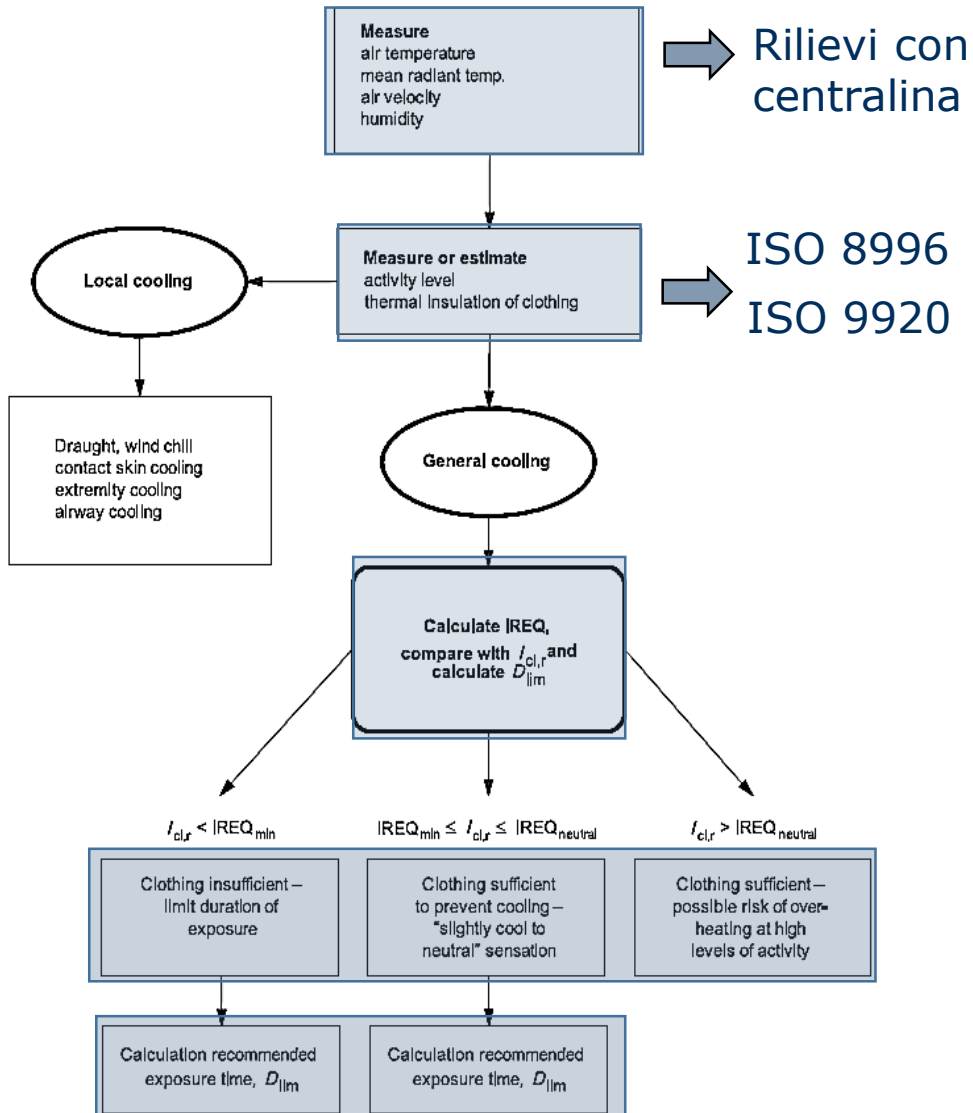
Il raffreddamento locale di una parte del corpo (soprattutto mani, piedi, testa) può provocare discomfort, deterioramento delle capacità manuali e fisiche, danni.

- **Convective cooling** La combinazione di temperatura bassa e presenza di vento accelera la perdita di calore  
Rischio per le parti non protette (mani e viso) → Wind chill temperature
- **Conductive cooling** Raffreddamento da contatto con le superficie fredde :  
raffreddamento dei tessuti o  
lesioni locali da freddo → da valutare tenendo conto della ISO 13732 - 3
- **Extremity cooling** Raffreddamento delle estremità  
Guanti da protezione → EN 511: Protective gloves against cold
- **Airway cooling** Raffreddamento dovuto all'inalazione di aria a bassa temperatura. Si raffreddano le membrane delle prime vie respiratorie e questo può essere dannoso per i tessuti.  
Nel caso di mansioni più pesanti si inalano maggiori volumi di aria

# Ambienti freddi – indice IREQ

<b>NORMA EUROPEA</b>	<b>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</b>	<b>UNI EN ISO 11079</b>  GIUGNO 2008
	Ergonomics of the thermal environment Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects	

# Ambienti freddi UNI EN ISO 11079 – Indice IREQ



## Intervalli di applicabilità

$$t_a \leq 10 \text{ °C};$$

$$0,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \leq v_a \leq 18 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1};$$

$$I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \text{ (0,5 clo).}$$

## IREQ: Insulation REQuired

Isolamento termico **risultante** richiesto nelle condizioni termiche in esame ed ha lo scopo di valutare se l'abbigliamento selezionato fornisce un isolamento sufficiente

- L'IREQ viene calcolato in due condizioni fisiologiche particolari

↓  
 $IREQ_{min}$

↓  
 $IREQ_{neutral}$

- Confronto tra  $I_{cl,r}$  e  $IREQ_{min}$   $IREQ_{neu}$ 
  - $I_{cl,r} < IREQ_{min}$
  - $IREQ_{min} < I_{cl,r} < IREQ_{neutral}$
  - $I_{cl,r} > IREQ_{neutral}$
- Calcolo del tempo massimo di esposizione (laddove è necessario)

# LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTI FREDDI

## UNI EN ISO 11079:2008 – la procedura

L'indice IREQ viene calcolato nelle due seguenti condizioni (strain Criteria):

- CONDIZIONE I

### HIGH STRAIN CONDITIONS (Annex B)

condizione limite di inizio attivazione del sistema di termoregolazione: l'equilibrio è mantenuto dal meccanismo di vasocostrizione. La sensazione termica soggettiva è di freddo

$IREQ_{min}$  rappresenta l'isolamento termico minimo in grado di mantenere il corpo in equilibrio termico a livelli subnormali di temperatura corporea.

Si ammette che qualche parte del corpo (periferiche soprattutto) possa iniziare a raffreddarsi

$$\left. \begin{array}{l} t_{sk} = 30^{\circ}\text{C} \\ w = 0.06 \end{array} \right\} \Rightarrow IREQ_{min}$$

- CONDIZIONE II

### LOW STRAIN CONDITIONS (Annex B)

condizione di neutralità termica

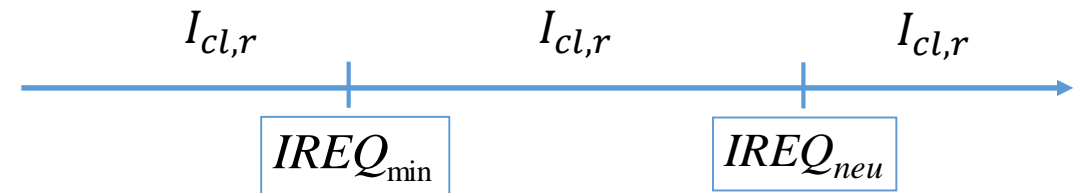
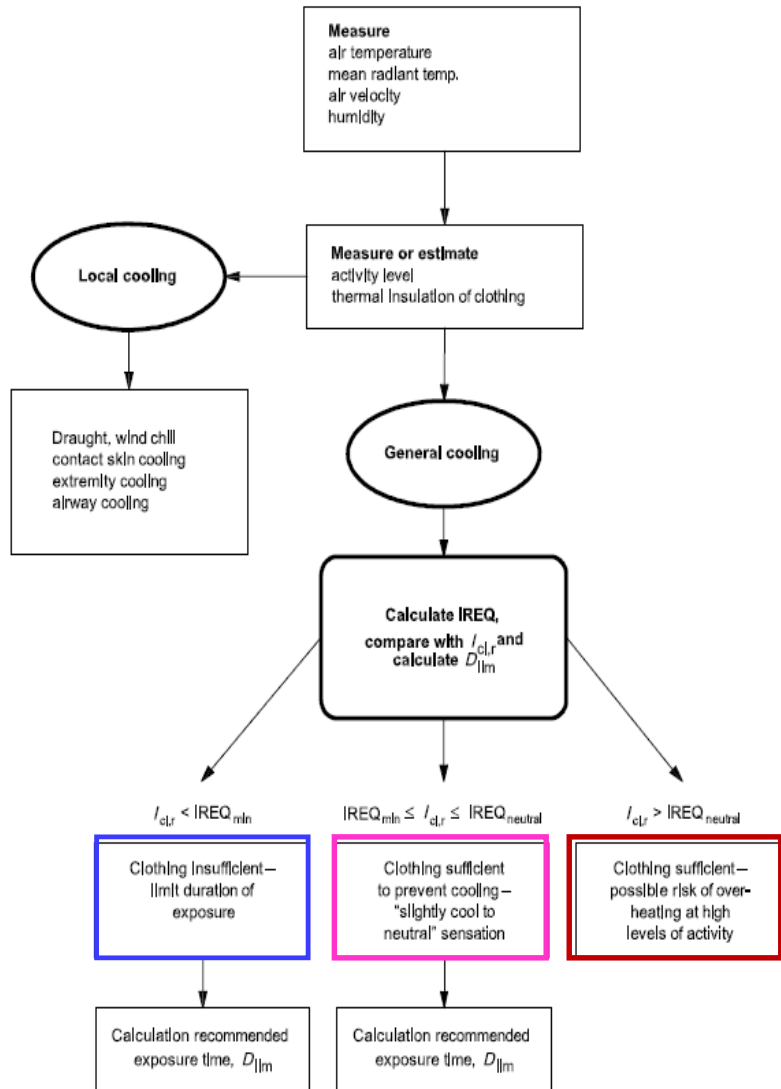
$IREQ_{neu}$  Rappresenta l'isolamento termico necessario per garantire la neutralità termica ovvero l'equilibrio termico mantenuto per livelli normali di temperatura media del corpo

$$\left. \begin{array}{l} t_{sk} = (35,7 - 0.0285M) \\ w = 0.001M \end{array} \right\} \Rightarrow IREQ_{neu}$$

Risulta sempre  $IREQ_{min} < IREQ_{neu}$



# Ambienti freddi UNI EN ISO 11079 – Indice IREQ



$$I_{cl,r} < IREQ_{min}$$

Abbigliamento non fornisce adeguato isolamento per prevenire il raffreddamento

- L'isolamento deve essere aumentato oppure
- Limitare l'esposizione

Dopo l'esposizione al freddo, dovrebbe essere previsto un periodo di ricovero per riportare il corpo in condizioni di equilibrio

$$IREQ_{min} < I_{cl,r} < IREQ_{neutral}$$

Abbigliamento sufficiente per prevenire il raffreddamento

Può essere rivista come una zona di regolazione in cui ognuno sceglie il livello di protezione più appropriato.

valutazione degli eventuale effetti del raffreddamento locale

$$I_{cl,r} > IREQ_{neutral}$$

Abbigliamento eccessivo – rischio di surriscaldamento, eccessivo sudore.

Ridurre isolamento

# LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTI FREDDI UNI EN ISO 11079:2008

## Annex F (informative)

### Computer program for calculating IREQ

The internet site whose address is given below provides a fully operational program for calculation of IREQ and  $D_{lim}$ . The same site offers a downloadable copy of the program that can be run on any personal computer with javascript installed. Always check for the latest version at this address:

[http://www.old.eat.lth.se/Forskning/Temisk/Temisk\\_HP/Klimatfiler/IREQ2002alfa.htm](http://www.old.eat.lth.se/Forskning/Temisk/Temisk_HP/Klimatfiler/IREQ2002alfa.htm)

Table F.1 presents calculation examples.

Table F.1 — Calculation examples

Input values					Calculated values		
Air temperature	Mean radiant temperature	Wind	Metabolic rate	Basic thermal insulation of used clothing	$IREQ_{neutral}$	Required basic thermal insulation	Duration limited exposure $D_{lim}$
°C	°C	$m \cdot s^{-1}$	$W \cdot m^{-2}$	clo	clo	clo	h
0	0	2	90	2,5	2,6	3,1	2,3
0	0	2	145	2,5	1,5	1,8	>8
-10	-10	2	90	2,5	3,5	4,4	0,7
-10	0	2	145	2,4	1,9	2,4	>8
-20	-20	2	115	4,2	3,4	4,2	>8
-20	-20	7	115	4,2	3,5	5,9	1,1
-30	-30	2	115	4,2	4,0	5,0	2,2
-30	-30	5	175	4,2	2,6	4,0	>8

Rate of mechanical work,  $W = 0$   
 Relative humidity in all examples: 85 %  
 Air permeability of clothing:  $8 l \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$

# Ambienti freddi – Wind Chill Temperature

Il vento può causare il raffreddamento della pelle



## WIND CHILL TEMPERATURE (temperatura di raffreddamento da vento)

Definisce la temperatura dell'ambiente che, in presenza di una velocità del vento pari a 4,2 Km/h, ha lo stesso potere di raffreddamento dell'ambiente in esame.

**Annex D**  
(informative)

### Determination of wind cooling

$$t_{WC} = 13,12 + 0,6215 \cdot t_a - 11,37 \cdot v_{10}^{0,16} + 0,3965 \cdot t_a v_{10}^{0,16}$$

dove

$v_{10}$  Rappresenta la velocità del vento misurata alla quota di 10 m dal suolo.  
Si ottiene dalle stazioni meteo

Se si misura la velocità dell'aria al livello del suolo è necessario x1,5

# LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMBIENTI FREDDI

## UNI EN ISO 11079:2008 - Raffreddamento locale - Wind Chill index

Table D.2 — Wind chill temperature ( $t_{WC}$ ) and freezing time of exposed skin

Classification of risk	$t_{WC}$ °C	Effect
1	-10 to -24	Uncomfortably cold
2	-25 to -34	Very cold, risk of skin freezing
3	-35 to -59	Bitterly cold, exposed skin may freeze in 10 min
4	-60 and colder	Extremely cold, exposed skin may freeze within 2 min

Table D.1 — Cooling power of wind on exposed flesh expressed as a comparative wind chill temperature ( $t_{WC}$ ) at a defined wind speed of  $4,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

$v_{10}$		$t_a$ °C										
km·h <sup>-1</sup>	m·s <sup>-1</sup>	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
5	1,4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
10	2,8	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63
15	4,2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66
20	5,6	-5	-12	-18	-24	-31	-37	-43	-49	-56	-62	-68
25	6,9	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45	-51	-57	-64	-70
30	8,3	-7	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72
35	9,7	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73
40	11,1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74
45	12,5	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75
50	13,9	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-76
55	15,3	-9	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77
60	16,7	-9	-16	-23	-30	-37	-43	-50	-57	-64	-71	-78
65	18,1	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72	-79
70	19,4	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-59	-66	-73	-80
75	20,8	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73	-80
80	22,2	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81

The shaded areas refer to the different classes of risk according to Table D.2.



*Grazie per  
l'attenzione*