INAIL
ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO

DIREZIONE REGIONALE MARCHE

Seminario

CRITICITA' ATTUALI DI PREVENZIONE NELLE FONDERIE DI SECONDA FUSIONE DI GHISA E ALLUMINIO: EVIDENZE CONSOLIDATE, PROSPETTIVE DI RICERCA

La valutazione del metabolismo energetico e gli indici di stress termico in ambienti caldi

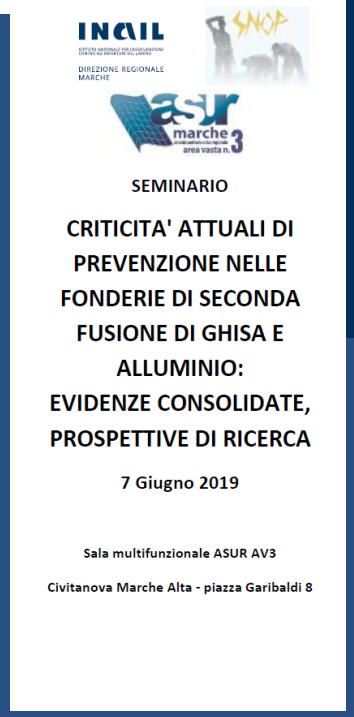
Simona Del Ferraro

INAIL - Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro ed Ambientale (DiMEILA)

Laboratorio di Ergonomia e Fisiologia

Centro Ricerche INAIL di Monte Porzio Catone

Civitanova Marche , 7 giugno 2019



PROGRAMMA

08.30 - 09.00 Registrazione dei partecipanti

09.00 - 09.30 **Dott.ssa Lucia Isolani**
Nuovi approcci alla valutazione del rischio da sovraccarico biomeccanico: applicazioni nel comparto metallurgico

09.30 - 10.00 **Dott. Vincenzo Molinaro**
Il sistema di termoregolazione umana negli ambienti severi caldi: il caso dei lavoratori delle fonderie

10.00 - 10.30 **Dott.ssa Rosanna Bevilacqua**
Lo studio del microclima nelle fonderie di ghisa e alluminio nel distretto calzaturiero marchigiano

10.30 - 10.45 Discussione tra relatori e pubblico

10.45 - 11.15 Pausa

11.15 - 11.45 **Ing. Simona del Ferraro**
La valutazione del metabolismo energetico e gli indici di stress termico in ambienti caldi

11.45 - 12.15 **Dott. Roberto Piccioni**
Risultati delle misure di microclima nelle fonderie campionate e sul dispendio metabolico nei fonditori

12.15 - 12.30 Discussione tra relatori e pubblico

12.30 - 13.00 Esercitazione pratica (rilievi con centralina microclimatica)

13.00 - 13.15 Verifica di apprendimento e conclusioni della sessione

13.15 - 14.15 Light lunch

14.15 - 14.45 **Dr. Fabrizio De Pasquale**
Silice libera cristallina in fonderie di seconda fusione di ghisa e alluminio: esperienze di campionamento e misura

14.45 - 15.15 **Dott. Roberto Calisti**
Agenti chimici volatili in fonderie di seconda fusione di ghisa e alluminio: focus sulla formaldeide e il benzene

15.15 - 15.45 **Dott.ssa Rosaria Bongarzone**
Le malattie professionali in metallurgia: alcune riflessioni alla luce dei dati statistici

15.45 - 16.00 Discussione tra relatori e pubblico

16.00 - 16.30 Esercitazione pratica (campionamento e determinazione quantitativa di polveri con strumenti a lettura diretta, campionamento di agenti volatili con campionatori passivi diffusivi)

16.30 – 17.00 Prova finale e ritiro modulistica ECM

RELATORI

Dott. Roberto Calisti
Medico
UOC SPreSAL – Epi. Occ. – ASUR AV3

Dott.ssa Lucia Isolani
Medico
UOC SPreSAL – Epi. Occ. – ASUR AV3

Dott. Vincenzo Molinaro
Medico
INAIL DiMEILA

Dott.ssa Rosanna Bevilacqua
Geologo
INAIL ConTARP Marche

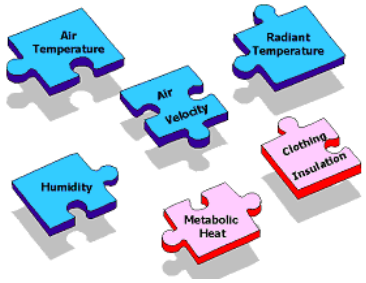
Ing. Simona Del Ferraro
Ingegnere
INAIL DiMEILA

Dott. Roberto Piccioni
Geologo
INAIL ConTARP

Dott. Fabrizio De Pasquale
Tecnico della prevenzione
AUSL Modena

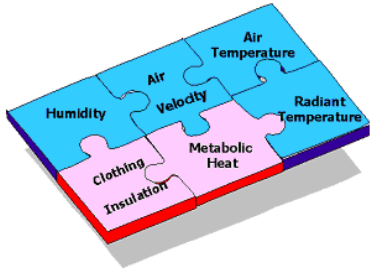
Dott.ssa Rosaria Bongarzone
Medico
INAIL Marche

INTRODUZIONE
L'equazione di bilancio termico ed i 6 parametri fondamentali



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

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



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 con un soggetto

2 parametri SOGGETTIVI:

- **M** Metabolismo energetico [met]
  1 Met =58,2 W/m^2
- **I_{cl}** Isolamento termico dell'abbigliamento [clo]

INTRODUZIONE
La UNI EN ISO 8996: i 4 livelli di valutazione

NORMA EUROPEA

Ergonomia dell'ambiente termico
Determinazione del metabolismo energetico

UNI EN ISO 8996

FEBBRAIO 2005

Ergonomics of the thermal environment
Determination of metabolic rate

prospetto 1 **Livelli per la determinazione del metabolismo energetico**

Livello	Metodo	Precisione	Ispezione del posto di lavoro
1 Screening	1A: Classificazione secondo il tipo di occupazione	Informazioni approssimative Probabilità di errore molto elevata	Non necessaria, ma sono richieste informazioni sull'attrezzatura tecnica e l'organizzazione del lavoro
	1B: Classificazione secondo il tipo di attività		
2 Osservazione	2A: Prospetti di valutazione per componenti	Probabilità di errore elevata Precisione: ±20%	È necessaria l'analisi dei tempi e dei movimenti
	2B: Prospetti per attività specifiche		
3 Analisi	Misurazione della frequenza cardiaca in condizioni definite	Probabilità di errore media Precisione: ±10%	È richiesto uno studio per la determinazione di un periodo di tempo significativo
4 Per esperti	4A: Misurazione del consumo di ossigeno	Probabilità di errore nei limiti della precisione della misura o dell'analisi dei tempi e dei movimenti Precisione: ±5%	È necessaria l'analisi dei tempi e dei movimenti
	4B: Metodo della doppia marcatura dell'acqua		Non è necessaria l'ispezione del posto di lavoro, ma è necessario valutare le attività di svago
	4C: Calorimetria diretta		Non necessaria

I fattori principali che influiscono sulla precisione dei risultati sono:

- Variabilità individuale
- Differenze nelle attrezzature da lavoro
- Differenze nelle velocità di lavoro
- Differenze nelle tecniche e nell'abilità di lavoro
- Differenze di genere e caratteristiche antropometriche
- Differenze tra gli osservatori ed il loro addestramento

INTRODUZIONE
La UNI EN ISO 8996: Livello 1: screening

NORMA EUROPEA

Ergonomia dell'ambiente termico
Determinazione del metabolismo energetico

UNI EN ISO 8996

FEBBRAIO 2005

Ergonomics of the thermal environment
Determination of metabolic rate

Versione bilingue del gennaio 2007

prospetto 1 **Livelli per la determinazione del metabolismo energetico**

Livello	Metodo	Precisione	Ispezione del posto di lavoro
1 Screening	1A: Classificazione secondo il tipo di occupazione	Informazioni approssimative Probabilità di errore molto elevata	Non necessaria, ma sono richieste informazioni sull'attrezzatura tecnica e l'organizzazione del lavoro
	1B: Classificazione secondo il tipo di attività		
2 Osservazione	2A: Prospetti di valutazione per componenti	Probabilità di errore elevata Precisione: ±20%	È necessaria l'analisi dei tempi e dei movimenti
	2B: Prospetti per attività specifiche		
3 Analisi	Misurazione della frequenza cardiaca in condizioni definite	Probabilità di errore media Precisione: ±10%	È richiesto uno studio per la determinazione di un periodo di tempo significativo
4 Per esperti	4A: Misurazione del consumo di ossigeno	Probabilità di errore nei limiti della precisione della misura o dell'analisi dei tempi e dei movimenti Precisione: ±5%	È necessaria l'analisi dei tempi e dei movimenti
	4B: Metodo della doppia marcatura dell'acqua		Non è necessaria l'ispezione del posto di lavoro, ma è necessario valutare le attività di svago
	4C: Calorimetria diretta		Non necessaria

prospetto A.1 **Metabolismo energetico per diverse occupazioni**

Occupazione	Metabolismo energetico ($W \times m^{-2}$)
Lavoro di ufficio	
Lavoro sedentario	da 55 a 70
Lavoro alla scrivania	da 70 a 100
Custode	da 80 a 115
Artigiani	
Muratore	da 110 a 160
Falegname	da 110 a 175
Vetraio	da 90 a 125
Imbianchino	da 100 a 130
Panettiere	da 110 a 140
Macellaio	da 105 a 140
Orologiaio	da 55 a 70
Industria mineraria	
Addetto ai trasporti	da 70 a 85
Minatore carbone	110
Addetto al forno da coke	da 115 a 175
Industria siderugica	
Addetto all'altoforno	da 170 a 220
Addetto al forno elettrico	da 125 a 145
Formatore a mano	da 140 a 240
Formatore alla macchina	da 105 a 165
Fonditore	da 140 a 240
Industria metallurgica	
Fabbro	da 90 a 200
Saldatore	da 75 a 125
Tornitore	da 75 a 125
Operatore alla fresa	da 80 a 140
Meccanico di precisione	da 70 a 110
Professioni grafiche	
Compositore a mano	da 70 a 95
Rilegatore	da 75 a 100
Agricoltura	
Giardiniere	da 115 a 190
Conduttore di trattore	da 85 a 110
Traffico	
Conducente d'auto	da 70 a 100
Conducente d'autobus	da 75 a 125
Conducente di tram	da 80 a 115
Conducente di gru	da 65 a 145
Professioni varie	
Assistente di laboratorio	da 85 a 100
Insegnante	da 85 a 100
Commessa	da 100 a 120
Segretaria	da 70 a 85

INTRODUZIONE
La UNI EN ISO 8996: livello 1: screening

NORMA EUROPEA

Ergonomia dell'ambiente termico
Determinazione del metabolismo energetico

UNI EN ISO 8996

FEBBRAIO 2005

Ergonomics of the thermal environment
Determination of metabolic rate

Versione bilingue del gennaio 2007

prospetto 1 **Livelli per la determinazione del metabolismo energetico**

Livello	Metodo	Precisione	Ispezione del posto di lavoro
1 Screening	1A: Classificazione secondo il tipo di occupazione	Informazioni approssimative Probabilità di errore molto elevata	Non necessaria, ma sono richieste informazioni sull'attrezzatura tecnica e l'organizzazione del lavoro
	1B: Classificazione secondo il tipo di attività		
2 Osservazione	2A: Prospetti di valutazione per componenti	Probabilità di errore elevata Precisione: ±20%	È necessaria l'analisi dei tempi e dei movimenti
	2B: Prospetti per attività specifiche		
3 Analisi	Misurazione della frequenza cardiaca in condizioni definite	Probabilità di errore media Precisione: ±10%	È richiesto uno studio per la determinazione di un periodo di tempo significativo
4 Per esperti	4A: Misurazione del consumo di ossigeno	Probabilità di errore nei limiti della precisione della misura o dell'analisi dei tempi e dei movimenti Precisione: ±5%	È necessaria l'analisi dei tempi e dei movimenti
	4B: Metodo della doppia marcatura dell'acqua		Non è necessaria l'ispezione del posto di lavoro, ma è necessario valutare le attività di svago
	4C: Calorimetria diretta		Non necessaria

prospetto A.2 **Metabolismo energetico per classe**

Classe	Metabolismo energetico medio (in parentesi gli intervalli)		Esempi
	$W \times m^{-2}$	W	
0 Riposo	65 (da 55 a 70)	115 (da 100 a 125)	Riposo, seduto a proprio agio.
1 Metabolismo energetico leggero	100 (da 70 a 130)	180 (da 125 a 235)	Lavoro manuale leggero (scrittura, battitura a macchina, disegno, cucito, contabilità); lavoro di mani e braccia (piccoli utensili da banco di lavoro, ispezione, montaggio o cernita di materiali leggeri); lavoro di braccia e gambe (guida di un veicolo in condizioni normali, azionamento di un interruttore a piede o a pedale). In piedi: trapano (piccoli pezzi); fresatrice (piccoli pezzi); avvolgimento bobine; avvolgimento piccole armature; lavorazione di macchina a bassa potenza; passeggiata (velocità fino a 2,5 km × h^{-1}).
2 Metabolismo energetico moderato	165 (da 130 a 200)	295 (da 235 a 360)	Lavoro sostenuto di mani e braccia (inchiodare, limare); lavoro di braccia e gambe (guida di camion in cantieri, trattori o macchine per costruzione); lavoro di braccia e tronco (lavoro al martello pneumatico, montaggio di veicoli, intonacatura, manipolazione intermittente di materiali moderatamente pesanti, sarchiatura, zappettatura, raccolta di frutti o legumi; spinta o trazione di carretti leggeri o di carriole; marcia ad una velocità da 2,5 km × h^{-1} a 5,5 km × h^{-1}; falciatura).
3 Metabolismo energetico elevato	230 (da 200 a 260)	415 (da 360 a 465)	Lavoro intenso di braccia e tronco; trasporto di materiali pesanti; spalatura; lavoro con martello, segatura, pialliatura o cesellatura di legno duro; falciatura a mano, scavo; marcia ad una velocità da 5,5 km × h^{-1} a 7 km × h^{-1}. Spinta o trazione di carretti a mano o di carriole con carichi pesanti, asportazione di trucioli da pezzi molati, posa di blocchi di calcestruzzo.
4 Metabolismo energetico molto elevato	290 (>260)	520 (>465)	Svolgere attività molto intensa a ritmo prossimo ai valori massimi; lavorare con la scure; scavare in modo intenso; salire dei gradini, una rampa o una scala; camminare rapidamente a piccoli passi, correre, camminare ad una velocità maggiore di 7 km × h^{-1}.

INTRODUZIONE
La UNI EN ISO 8996: Livello 2: observation

2 Observation	2A: Group assessment tables	High error risk	Time and motion study necessary
	2B: Tables for specific activities	Accuracy: ± 20 %	

Il metabolismo viene stimato a partire da:

Il segmento corporeo coinvolto nel lavoro

Il carico di lavoro per il segmento coinvolto

+

Incremento dovuto alla postura

prospetto B.1 Metabolismo energetico (in $W \times m^{-2}$) per un soggetto seduto in funzione del carico di lavoro e del segmento corporeo coinvolto

Segmento corporeo		Lavoro		
		Leggero	Medio	Pesante
Due mani	Medio	70	85	95
	Intervallo	<75	da 75 a 90	>90
Un braccio	Medio	90	110	130
	Intervallo	<100	da 100 a 120	>120
Due braccia	Medio	120	140	160
	Intervallo	<130	da 130 a 150	>150
Corpo	Medio	180	245	335
	Intervallo	<210	da 210 a 285	>285

+

prospetto B.2

Incremento del metabolismo energetico (in $W \times m^{-2}$) dovuto alla postura

Postura	Metabolismo energetico ($W \times m^{-2}$)
Seduto	0
Inginocchiato	10
Accovacciato	10
In piedi	15
In piedi, chinato	20

INTRODUZIONE
La UNI EN ISO 8996: Livello 2: observation

da UNI EN ISO 8996:2005

VALUTAZIONE DEL METABOLISMO ENERGETICO ATTIVITA' TIPO

valutazioni basate su misurazioni effettuate nel passato in diversi laboratori

Restituisce valori puntuali e non intervalli

2 Observation	2A: Group assessment tables	High error risk	Time and motion study necessary
	2B: Tables for specific activities	Accuracy: ± 20 %	

Table B.3 — Metabolic rate for specific activities

Activity		$W \cdot m^{-2}$
Sleeping		40
Reclining		45
At rest, sitting		55
At rest, standing		70
Walking on the level, even path, solid		
1. without load	at 2 $km \cdot h^{-1}$	110
	at 3 $km \cdot h^{-1}$	140
	at 4 $km \cdot h^{-1}$	165
	at 5 $km \cdot h^{-1}$	200
2. with load	10 kg, 4 $km \cdot h^{-1}$	185
	30 kg, 4 $km \cdot h^{-1}$	250
Walking uphill, even path, solid		
1. without load	5° inclination, 4 $km \cdot h^{-1}$	180
	15° inclination, 3 $km \cdot h^{-1}$	210
	25° inclination, 3 $km \cdot h^{-1}$	300
2. with load of 20 kg	15° inclination, 4 $km \cdot h^{-1}$	270
	25° inclination, 4 $km \cdot h^{-1}$	410
Walking downhill at 5 $km \cdot h^{-1}$, without load	5° inclination	135
	15° inclination	140
	25° inclination	180
Ladder at 70°, climbing at a rate of 11,2 $m \cdot min^{-1}$		
without load		290
with a 20 kg load		360
Pushing or pulling a tip-wagon, 3,6 $km \cdot h^{-1}$, even path, solid		
pushing force: 12 kg		290
pulling force: 16 kg		375
Pushing a wheelbarrow, even path, 4,5 $km \cdot h^{-1}$, rubber tyres, 100 kg load		230
Filing iron	42 file strokes/min	100
	60 file strokes/min	190
Work with a hammer, 2 hands, mass of the hammer 4,4 kg, 15 strokes/min		290
Carpentry work	hand sawing	220
	machine sawing	100
	hand planing	300
Brick-laying, 5 bricks/min		170
Screw driving		100
Digging a trench		290
Sedentary activity (office, dwelling, school, laboratory)		70
Standing, light activity (shopping, laboratory, light industry)		95
Standing, medium activity (shop assistant, domestic work, machine work)		115
Work on a machine tool		
Light (adjusting, assembling)		100
Medium (loading		140
Heavy		210
Work with a hand tool		
Light (light polishing)		100
Medium (polishing)		160
Heavy (heavy drilling)		230

INTRODUZIONE
La UNI EN ISO 8996: Livello 3: Analysis

$$M = M_0 + \frac{HR - HR_0}{RM}$$

Hp:
1) Lavoro dinamico che coinvolge i grandi gruppi muscolari
2) Carico muscolare statico piccolo ΔHR_S
3) Assenza di stress termici e carichi mentali $\Delta HR_T \approx 0 \quad \Delta HR_N \approx 0$
4) $120bpm < HR < HR_{max} - 20bpm$

IPOTESI DI VALIDITA' DELLA LINEARITA' FRA HR E M

M_0 Metabolismo energetico a riposo, in W/m² (=55 W/m²)

HR_0 Frequenza cardiaca a riposo, in condizioni termicamente neutre

$$RM = \frac{(HR_{max} - HR_0)}{(MWC - M_0)}$$ Aumento di frequenza cardiaca per unità di metabolismo energetico

$$HR_{max} = 205 - 0.62A$$

$$MWC = \begin{cases} (41.7 - 0.22A)P^{0.666} & \text{Uomini, W/m}^2 \\ (35 - 0.22A)P^{0.666} & \text{Donne, W/m}^2 \end{cases}$$ Capacità massima lavorativa

P Peso, in Kg A Età, in anni

INTRODUZIONE
La UNI EN ISO 8996: Livello 4: expertise

ERGOSPIROMETRO

MASCHERINA

CARDIOFREQUENZIMETRO

UNITA' RICEVENTE

ANTENNA

BATTERIA

DETERMINAZIONE DEL METABOLISMO ENERGETICO ATTRAVERSO MISURE DI CONSUMO DI OSSIGENO

1° METODO
METODO PARZIALE

Utilizzato per attività leggere e moderate

$$\dot{V}_{O_2} < 60\frac{l}{h} = 1\frac{l}{min}$$

Il consumo di ossigeno raggiunge lo steady state, che corrisponde all'ossigeno richiesto necessario per svolgere la mansione, dopo un breve periodo

2° METODO
METODO INTEGRALE

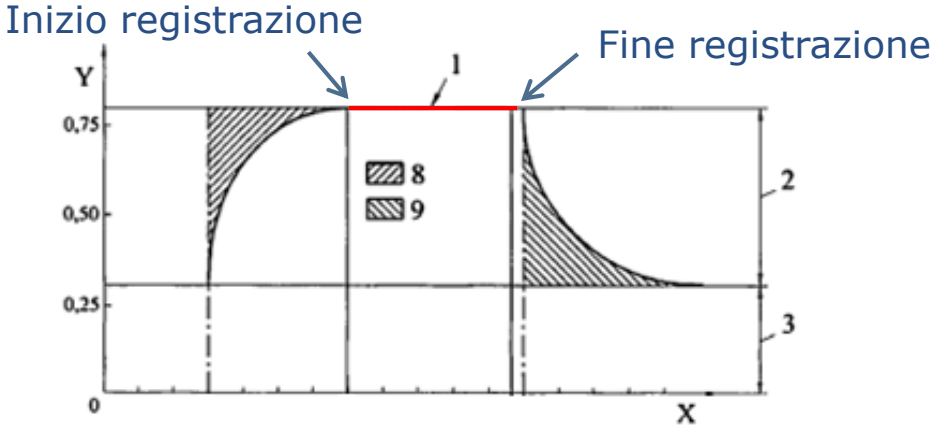
Utilizzato per attività pesanti di breve durata

$$\dot{V}_{O_2} > 60\frac{l}{h} = 1\frac{l}{min}$$

La richiesta di ossigeno supera la massima potenza aerobica. Il deficit di ossigeno si recupera a fine lavoro

INTRODUZIONE
La UNI EN ISO 8996: Livello 4: expertise

METODO PARZIALE



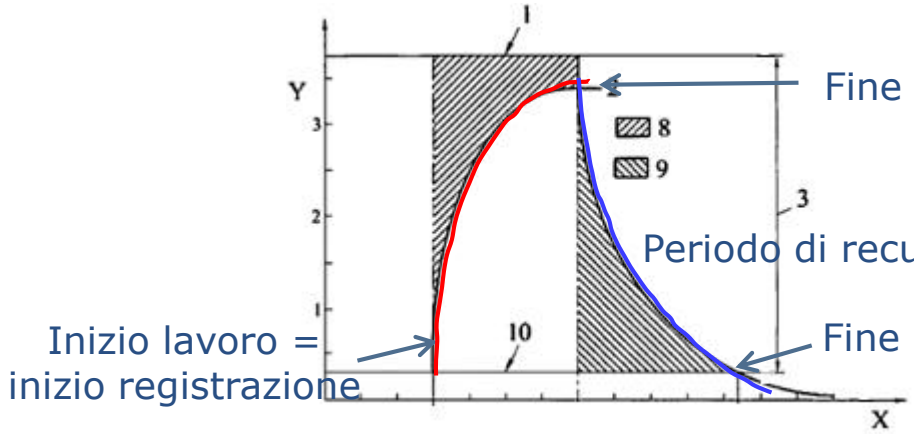
$$M = EExV_{O2}^{\cdot}x\frac{1}{A_{Du}}$$

$$EE = (0{,}23xRQ + 0{,}77)x5{,}88$$ Equivalente Energetico in Wxh/l

$$RQ = \frac{V_{CO2}^{\cdot}}{V_{O2}^{\cdot}}$$ Quoziente respiratorio

$$A_{Du} = 0{,}202xW_b^{0{,}425}xH_b^{0{,}725}$$ Formula di Du Bois

METODO INTEGRALE



$$M = (M_p x\frac{t_m + t_r}{t_m}) - (M_s x\frac{t_m}{t_m})$$

$$M_p = EExV_{O2}^{\cdot}x\frac{1}{A_{Du}}$$

$$M_s = 55\ W/m^2$$

t_m Durata del periodo principale in min

t_r Durata del periodo di recupero in min

Perché oggi facciamo la valutazione del microclima?

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[N], e sue successive modificazioni.

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 verifichino 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.

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

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. Microclima

1.9.1. Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi

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

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

La normativa 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 normativa tecnica di settore

PER QUALUNQUE TIPO DI AMBIENTE

NORMA	TITOLO
UNI-EN ISO 7726: 2002	Ergonomia degli ambienti termici – Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche
UNI-EN ISO 8996:2005	Ergonomia – Determinazione della produzione di energia termica metabolica
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

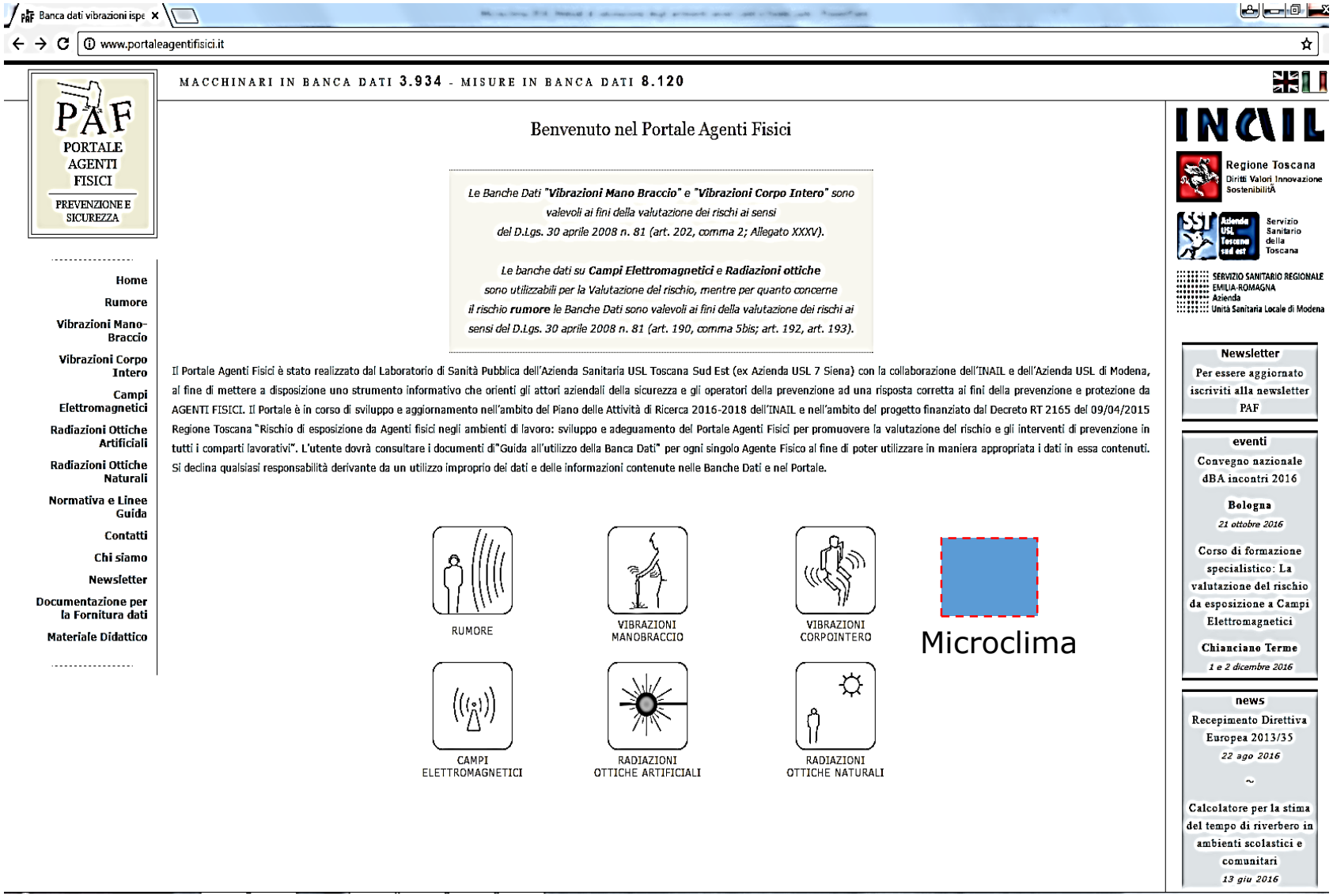
La normativa tecnica di settore

	Norma	Titolo
Amb. moderati	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
Ambienti caldi	ISO 7243:2017 UNI EN ISO 27243:1996	Ergonomics of the thermal environment – assessment of heat strss using he WBGT (wet bulbe globe temperature) index Ambienti caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro)
	UNI EN ISO 7933:2005	Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile
Ambienti freddi	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

	Norma	Titolo
Superfici di contatto	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

Rischi fisici: Microclima monitorate……

www.portaleagentifisici.it



AMBIENTI CALDI

AMBIENTI NON AD OBIETTIVO COMFORT
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".

La valutazione degli ambienti caldi
Indice WBGT

Procedura

① Calcolo indice WBGTeff

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

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[a]	Wearing a hood of any fabric with any clothing ensemble	+1

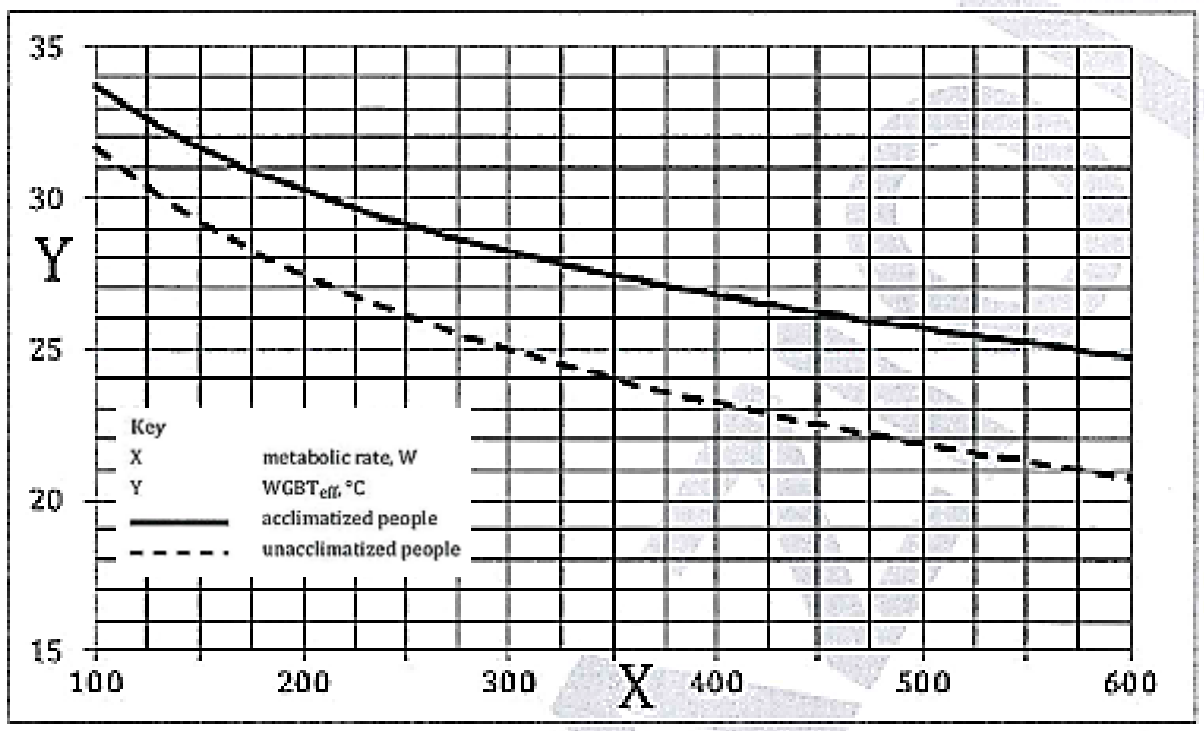
The CAVs are added to the measured WBGT to obtain $WBGT_{eff}$

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

[a] This value is added to the CAV of the ensemble without hood or respirator.

La valutazione degli ambienti caldi
Indice WBGT

2 calcolo WBGTref



Soggetto acclimatato:

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

For acclimatized people (solid line)

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

For unacclimatized people (dashed line)

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

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

La valutazione degli ambienti caldi
Indice WBGT

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

$WBGT_{eff} > WBGT_{eff,ref}$

Aumenta il rischio di patologie da caldo

Sono richieste ulteriori azioni:

⇨ - ridurre lo stress termico con metodi appropriati

(controllo ambiente, livello di attività, dei tempi di esposizione)

⇨ - Effettuare una valutazione più dettagliata dello stress termico attraverso al ISO 7933

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

La valutazione degli ambienti caldi
Il modello PHS

- PHS = PREDICTED HEAT STRAIN

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

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	

- 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)

La valutazione degli ambienti caldi
Il modello PHS

- 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

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^{-1}	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^{-1}	0	3	
M	W	100	450	⇨ UNI EN ISO 8996
I_{cl}	clo	0,1	1,0	⇨ UNI EN ISO 9920

+

- ✓ Peso soggetto
- ✓ Altezza soggetto
- ✓ Possibilità di bere?
  - si ⇨ $DRINK = 1$
  - no ⇨ $DRINK = 0$
- ✓ Acclimatato/ non acclimatato
- ✓ Postura:
  - Seduto
  - In piedi
  - accovacciato

La valutazione degli ambienti caldi
Il modello PHS

LIMITI PER LA TEMPERATURA RETTALE

$$t_{re,max} = 38°C$$

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

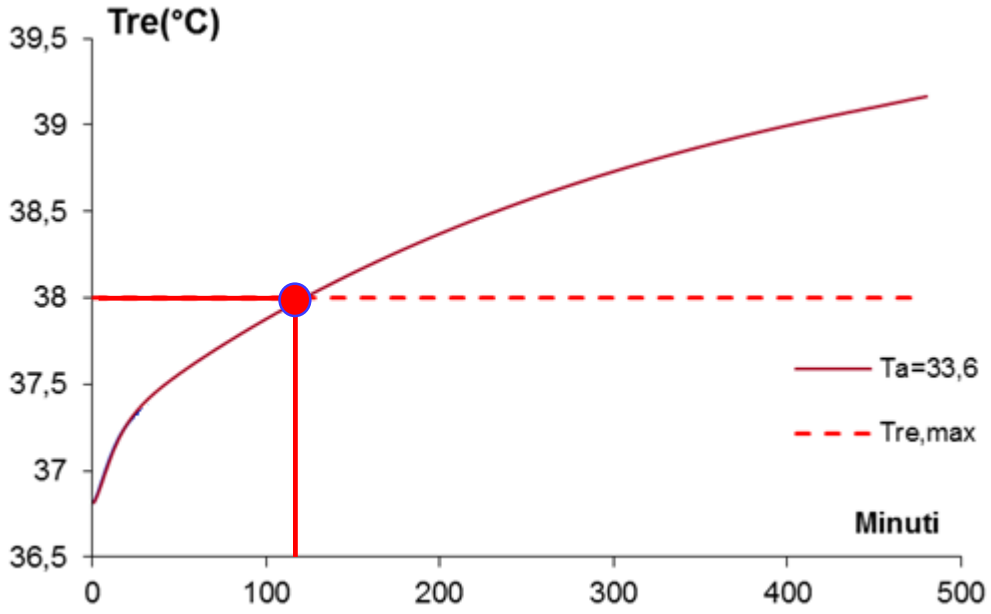
LIMITI PER LA PERDITA TOTALE DI ACQUA

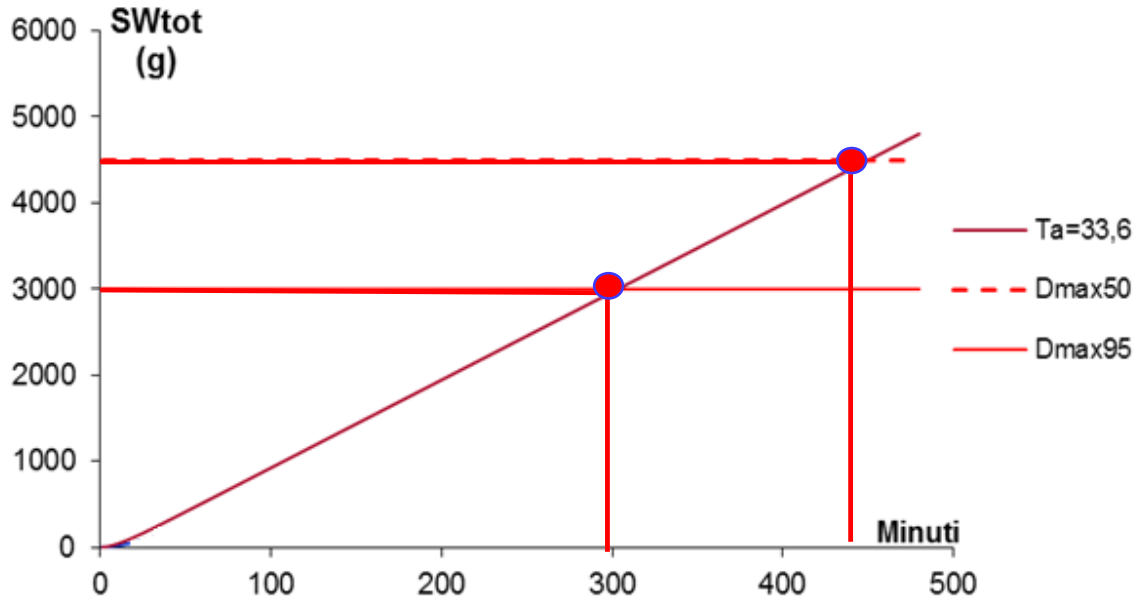
Massima perdita di acqua compatibile con il mantenimento dei parametri fisiologici

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

La valutazione degli ambienti caldi
Il modello PHS





Grazie per
l'attenzione