

Michele del Gaudio

Schermare il lavoro

INAIL, Settore Verifica, Certificazione e Ricerca, UOT di Avellino

RIASSUNTO. Molti lavoratori sono esposti direttamente alla radiazione solare. In queste condizioni i lavoratori possono subire dei danni per la salute dovuti ad un eccessivo aumento della temperatura corporea o alla perdita di liquidi. Sono state effettuate delle prove per stabilire se l'utilizzo di schermi realizzati con vari materiali può ridurre gli effetti fisiologici. Utilizzando gli indici WBGT e PHS sono stati calcolati la temperatura corporea interna e la quantità di liquidi persi, prima e dopo l'uso dello schermo. I migliori schermi sono risultati quelli realizzati in cartone, carta di giornale e gli ombrelloni.

Parole chiave: lavoratori, radiazione solare, WBGT, PHS, schermi solari.

ABSTRACT. *Many workers are exposed to direct solar radiation. In these conditions the workers may suffer damage to health due to an excessive increase in body temperature, or to the loss of liquids. Were carried out tests to determine if the use of screens made of various materials can reduce the physiological effects. Using the indexes WBGT and PHS were calculated the internal body temperature and the amount of fluids lost, before and after use of the screen. The best screens were those made of cardboard, newspaper paper and beach umbrellas.*

Key words: workers, solar radiation, WBGT, PHS, sunscreen.

Introduzione

Molte attività svolte all'aperto (1, 2, 3) nel campo delle attività estrattive, dell'edilizia, dell'agricoltura, della pesca e delle manutenzioni in genere comportano l'esposizione dei lavoratori direttamente alla radiazione solare. Gli effetti possono essere diversi ed in particolare i lavoratori possono essere esposti al rischio di danni cutanei ed oculari anche gravi oppure a rischi termici che possono provocare l'innalzamento della temperatura interna e la perdita eccessiva di liquidi.

Il presente lavoro vuole verificare quanto l'adozione di schermi protettivi mobili realizzati con diversi materiali, anche di fortuna, può diminuire gli effetti termici della radiazione solare su soggetti che svolgono la loro attività all'aperto durante la stagione estiva.

Lo studio nasce da una serie di rilievi termo-igrometrici effettuati all'aperto nella stagione estiva simulando le condizioni di lavoro con e senza uno schermo protettivo.

Radiazione solare effetti sull'uomo

Nella valutazione delle monografie IARC la radiazione solare è indicata come cancerogeno del gruppo 1 per epitelomi e melanoma. Alcuni tipi di tumore della pelle sono legati a lunghe esposizioni al sole (quindi a radiazioni UV) mentre altri sembrano più diffusi fra coloro che si espongono in modo occasionale. In questo secondo caso infatti l'abbronzatura e l'ispessimento cutaneo, che si ottengono con esposizioni prolungate, garantiscono una migliore protezione (4). Il rischio è ovviamente correlato al fototipo dei soggetti ed alla latitudine a cui avviene l'esposizione. L'esposizione al sole in marinai, agricoltori e lavoratori dell'edilizia ha evidenziato una associazione con tumori degli occhi (5) o fenomeni degenerativi come la cataratta (6) quando non sono adottate misure di protezione. L'esposizione al sole è inoltre responsabile di rischi di tipo termico che inducono un innalzamento della temperatura del corpo ed una perdita di liquidi con effetti anche gravi come il colpo di sole ed il colpo di calore che possono portare a danni gravi al sistema nervoso centrale (7). Il rischio è maggiore per soggetti affetti da patologie a carico dell'apparato cardiocircolatorio e dell'apparato



respiratorio, ma in generale tutti gli organi possono subire danni dall'aumento della temperatura interna dell'organismo. Alcuni studi hanno dimostrato come lo scambio termico avvenga maggiormente attraverso la testa e gli arti (8), queste sono inoltre le parti che più facilmente restano scoperte.

I metodi di valutazione dello stress in ambienti severi caldi

L'indice Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), proposto dallo standard UNI EN ISO 7243 (9, 11), è un indice empirico correlato allo stress termico al quale un individuo è sottoposto. La sua determinazione è semplice e per questo motivo è stato ampiamente utilizzato. La valutazione parte dalla considerazione che lo stress termico è l'effetto dell'energia termica prodotta all'interno del corpo umano e delle caratteristiche dell'ambiente che condizionano gli scambi termici. Per il calcolo dell'indice WBGT si utilizzano due grandezze derivate: la temperatura di globo (t_b) e la temperatura di bulbo umido a ventilazione naturale (t_{nw}) ed, in alcuni casi, (esposizione diretta alla radiazione solare) una grandezza fondamentale: la temperatura dell'aria (t_a).

Questo dovrebbe essere considerato un metodo esplorativo perché, una valutazione basata sull'analisi degli scambi termici tra uomo ed ambiente, è sicuramente più precisa e permette una scelta migliore degli interventi di protezione da attuare.

Quando il lavoratore è esposto ad ambienti molto caldi, la temperatura corporea tende ad aumentare. Il sistema termoregolatore si attiva per limitare l'accumulo termico attivando alcuni processi tra cui la vasodilatazione, la sudorazione e la diminuzione della produzione di calore.

Quando i meccanismi di termoregolazione non sono più sufficienti a mantenere l'equilibrio termico, la temperatura corporea interna si innalza e la perdita di liquidi diventa significativa, provocando manifestazioni patologiche anche gravi che, se non trattate, possono avere conseguenze persino fatali. La temperatura interna e la quantità di liquidi persi sono quelli presi in considerazione dall'indice PHS (Predicted Heat Stress) proposto dallo standard UNI EN ISO 7933 (10, 11). I dati misurati, l'isolamento garantito dal vestiario utilizzato, e il metabolismo relativo

all'attività che si sta svolgendo, vengono elaborati per calcolare i flussi energetici fra corpo umano e ambiente (vedi fig. 1) con la seguente equazione:

$$S = M - W \pm R \pm C \pm K - E - \text{Cres} - \text{Eres} \quad (1)$$

Dove:

M = Metabolismo energetico. Potenza sviluppata per i processi vitali e per l'attività fisica svolta

W = Potenza Meccanica. potenza impiegata per svolgere lavoro meccanico.

R = Potenza termica scambiata per irraggiamento da e verso i corpi presenti nell'ambiente.

C = Potenza termica scambiata per convezione fra la pelle del soggetto e l'aria circostante.

K = Potenza termica scambiata per conduzione fra il soggetto e le superfici a contatto.

E = Potenza termica scambiata per evaporazione della pelle.

Eres, Cres = Potenza dispersa nella respirazione.

S = Flusso netto in uscita o entrata dal corpo umano. S = 0 indica la condizione di neutralità termica definita omeotermia.

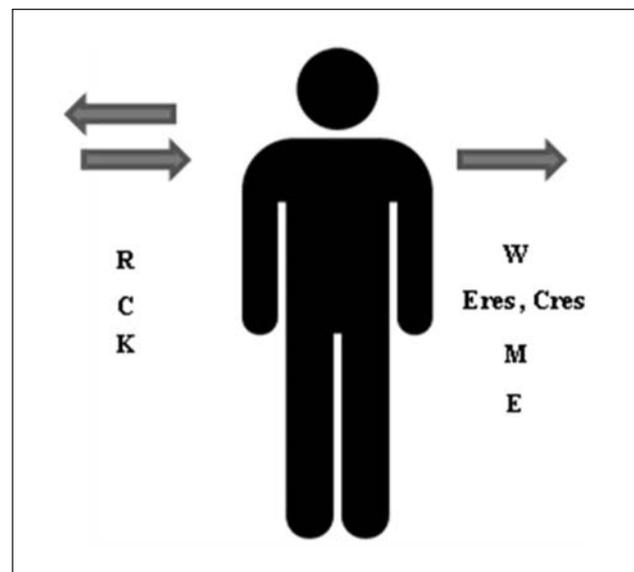


Figura 1. Modalità di scambio dell'energia fra corpo umano ed ambiente

Esplicitando la equazione (1) in termini di evaporazione richiesta per raggiungere la condizione di neutralità termica, si risale ai valori di temperatura corporea e alla quantità di liquidi persi. Una temperatura max del nucleo di 38 °C ed una percentuale di liquidi max pari al 3% del peso corporeo (5% se è possibile l'accesso a liquidi) rappresentano i limiti da non superare. L'indice PHS esprime in minuti il tempo necessario a raggiungere uno di questi due limiti. In caso di surriscaldamento il lavoratore dovrà fare una pausa di recupero in ambiente confortevole mentre in caso di eccessiva perdita di liquidi l'interruzione dell'attività dovrà durare fino al giorno successivo. Nulla occorre fare se i limiti vengono superati in un tempo superiore al turno di lavoro.

Materiali e metodi

Per effettuare le misure è stata utilizzato un datalogger HD32.3 Delta OHM provvisto di anemometro a filo caldo, termometro con sensore di umidità capacitivo e sonda globotermometrica. È stata effettuata una prima misura in pieno sole ed una seconda misura dopo l'apposizione di uno schermo protettivo mobile. Prima di ogni misura si è atteso circa 20 minuti per permettere alle sonde di raggiungere l'equilibrio. Sono stati utilizzati schermi di materiale diverso scelti fra quelli che più facilmente potrebbero essere reperiti in un luogo di lavoro. In particolare è stato utilizzato un ombrellone da spiaggia di colore chiaro, un ombrello nero da pioggia, una rete leggera a maglie fitte di colore verde, la carta di un quotidiano e un cartone di spessore 1 cm. Durante la prima misura il datalogger e le relative sonde erano posizionate completamente al sole. Successivamente lo schermo veniva montato facendo in modo da lasciare il datalogger e le sonde completamente all'ombra. Per ogni tipo di schermo sono state fatte almeno tre misure in giorni ed orari diversi, e pertanto lo schermo è stato posizionato ogni volta in modo diverso a seconda dell'elevazione del sole nel cielo (vedi figura 2). Per ciascun tipo di schermo utilizzato, tra tutte le misure effettuate, è stata selezionata quella in cui la differenza di temperatura di globo t_g è risultata maggiore. Le misure di temperatura (t_a) hanno ovviamente risentito del fatto che la sonda era esposta direttamente al sole e quindi i valori registrati sono in alcuni casi leggermente più elevati di quelli che si sarebbero ottenuti posizionando la stessa all'ombra (come sarebbe giusto fare durante misure di parametri climatici all'esterno). In tutte le misure la superficie su cui era posizionato lo strumento di misura era un pavimento duro in gress di colore chiaro. Una prima valutazione è stata fatta calcolando la riduzione in percentuale del valore della temperatura di globo (t_g) dopo l'apposizione dello schermo, successivamente i parametri misurati sono stati utilizzati per calcolare il valore dell'indice PHS ed i relativi valori di temperatura corporea e di perdita di liquidi. Il calcolo dell'indice PHS è stato inoltre ripetuto simulando un valore di umidità relativa pari al 50% per verificare gli effetti di ambienti particolarmente umidi in cui il sistema di termoregolazione umana, a causa della difficoltà di cedere calore con la sudorazione, è meno efficace. Per l'elaborazione dei dati misurati è stato utilizzato il foglio Excel "Calcul des Indice PMV-PPD WBGT e PHS" (versione 2-4-12) prodotto dal Prof. Malchaire dell'Université Catholique de Louvain (Belgique).

Tutti i calcoli sono stati effettuati considerando una attività abbastanza impegnativa a cui corrisponde un impegno metabolico pari a 2,5 Met e

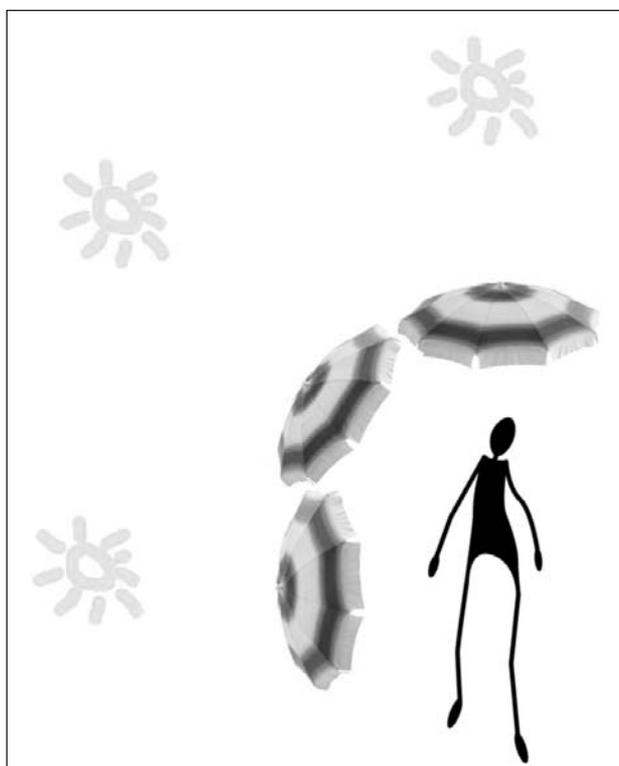


Figura 2. Posizione dello schermo al variare dell'altezza del sole nel cielo

prevedendo un isolamento garantito dal vestiario pari a 0.6 Clo tipico di un abbigliamento leggero estivo.

Risultati

Le misure sperimentali sono state realizzate in Italia, nei mesi di giugno e luglio, nella città di Avellino Lat. 40°54'55"44 N Long. 14°47'22"56 E, ad una quota di circa 350 mt. s.l.m.

Tra tutte le misure realizzate è stata selezionata per ciascun tipo di schermo quella che ha evidenziato una maggiore riduzione della temperatura di globo. Nella tabella I sono riportate le misure selezionate, mentre nella tabella II sono indicate le riduzioni in percentuale del valore di t_g ottenute con l'utilizzo dello schermo.

Tabella I. Parametri ambientali

n	Materiale	t_a	t_g	va	HR
1	Rete antipolvere	34.0	42.0	0.19	27.3
2	Ombrello da pioggia	32.7	41.4	0.47	39.7
3	Carta di quotidiano	41.1	52.1	0.37	19.8
4	Ombrellone	37.3	42.9	0.08	20.6
5	Cartone	38.7	46.1	0.23	24.5

Tabella II. Riduzione della temperatura di globo

n	Materiale	t_g 1	t_g 2	%
1	Rete antipolvere	42.0	36.9	12.14
2	Ombrello da pioggia	41.4	38.5	7.00
3	Carta di quotidiano	52.1	38.9	25.33
4	Ombrellone	42.9	32.4	24.47
5	Cartone	46.1	33.1	28.19

La riduzione del valore di tg comporta ovviamente la modifica del valore di WBGT e delle eventuali pause necessarie come indicato nella tabella III.

Utilizzando il calcolo dell'indice PHS è possibile valutare l'effetto dopo 8 ore di esposizione dello schermo sulla temperatura interna e sulla perdita di liquidi in grammi del soggetto esaminato. I dati calcolati ed i relativi tempi massimi di esposizione necessari a non superare i 38° (DLE) sono riportati nelle tabelle IV e V.

Lo stress termico è un problema particolarmente sentito negli ambienti caldo umidi (serre, attività agricole) perché gli elevati valori elevati di umidità presenti, impediscono la dissipazione del calore e favoriscono l'aumento della temperatura corporea interna. Per valutare gli effetti dell'uso di schermi in condizioni più sfavorevoli di quelle misurate, il calcolo degli indici è stato ripetuto simulando un valore di umidità relativa pari al 50%. Nelle tabelle VI, VII e VIII sono riportati i valori ricalcolati calcolati simulando il valore più elevato di HR.

Discussione dei dati

L'esperienza proposta, nasce da valutazioni dirette, e permette di simulare le differenze tra la risposta fisiologica dei soggetti che lavorano in condizione di esposizione diretta ai raggi del sole e quella di lavoratori che utilizzano degli schermi di protezione. I dati misurati hanno mostrato che la riduzione della temperatura di globo è sempre significativa, anche se ogni materiale, in base alla sua capacità di trasmettere l'energia termica, garantisce una diversa riduzione della radiazione solare. Il rapporto fra l'energia termica globalmente trasmessa da una generica lastra (in questo caso lo schermo) e quella incidente su di essa viene definita "Fattore solare". La trasmissione delle radiazioni può avvenire per trasparenza o per conducibilità ed è quindi legata alle caratteristiche ottiche e di conducibilità termica del materiale. L'indice WBGT subisce significative riduzioni soprattutto utilizzando schermi realizzati con carta

Tabella III. Effetto sul calcolo dell'indice WBGT

n	Materiale	WBGT 1	Pausa min	WBGT 2	Pausa min	%
1	Rete antipolvere	28.6	-	26.2	-	8.0
2	Ombrello da pioggia	29.3	-	28.1	-	4.0
3	Carta di quotidiano	33.8	15	28.0	-	17.5
4	Ombrellone	29.4	-	24.7	-	15
5	Cartone	31.4	8	21.1	-	32

Tabella IV. Effetto sulla temperatura corporea interna

n	Materiale	Q 1	DLE	Q 2	DLE	%
1	Rete antipolvere	37.2	480	37.2	480	-
2	Ombrello da pioggia	37.2	480	37.2	480	-
3	Carta di quotidiano	37.2	480	37.2	480	-
4	Ombrellone	37.2	480	37.2	480	-
5	Cartone	37.2	480	37.2	480	-

Tabella V. Effetto sulla perdita di liquidi

n	Materiale	g 1	DLE	g 2	DLE	%
1	Rete antipolvere	3260	480	2290	480	29.75
2	Ombrello da pioggia	3330	480	2670	480	19.81
3	Carta di quotidiano	6870	270	2680	480	60.98
4	Ombrellone	3450	480	1660	480	51.88
5	Cartone	3950	460	1690	480	57.21

Tabella VI. Effetto sul calcolo dell'indice WBGT

n	Materiale	WBGT 1	Pausa min	WBGT 2	Pausa min	%
1	Rete antipolvere	31.8	9	29.2	-	8.17
2	Ombrello da pioggia	30.7	5	30,0	3	2.28
3	Carta di quotidiano	39.3	25	31.2	7	20.61
4	Cartone	35.5	19	22.9	-	35.49
5	Ombrellone	33.8	15	27.2	-	19.52

Tabella VII. Effetto sulla temperatura corporea interna

n	Materiale	Q 1	DLE	Q 2	DLE	%
1	Rete antipolvere	37.1	480	37.1	480	-
2	Ombrello da pioggia	37.2	480	37.1	480	0.20
3	Carta di quotidiano	44.5	36	37.2	480	16.00
4	Cartone	40.7	76	37.1	480	8.84
5	Ombrellone	39.2	142	37.1	480	5.35

Tabella VIII. Effetto sulla perdita di liquidi

n	Materiale	g 1	DLE	g 2	DLE	%
1	Rete antipolvere	4460	410	2610	480	41
2	Ombrello da pioggia	3620	480	3050	480	15
3	Carta di quotidiano	7120	260	2980	480	58
4	Cartone	6890	260	1410	480	79
5	Ombrellone	6210	270	1770	480	71

di quotidiano e cartone, tanto che vengono annullate anche le pause di recupero che sarebbero state necessarie con l'esposizione diretta. Ai bassi valori di umidità, in cui sono state realizzate effettivamente le misure sperimentali, la temperatura corporea interna si mantiene nei limiti, perché in tali condizioni il sistema di termoregolazione del corpo umano riesce ancora a dissipare calore attraverso la sudorazione. L'influenza dell'uso dello schermo sulla perdita di liquidi è più evidente con riduzione del peso di acqua persa fino al 50%. Nella simulazione in cui il valore di HR è

stato artificiosamente elevato al 50%, si ottiene in molti casi il superamento dei limiti sia per l'indice WBGT che per gli indici che contribuiscono al calcolo del PHS. Anche in questo caso l'adozione degli schermi permette nella totalità dei casi la riduzione degli effetti e quindi turni di lavoro senza interruzioni.

Conclusioni

Nei ricordi di ognuno di noi ci sarà sicuramente il contadino che all'ombra di un albero si riposa dopo una fase di lavoro oppure il lavoratore edile che all'inizio della giornata era impegnato nella preparazione del copricapo di carta di giornale da utilizzare durante il lavoro. Queste buone abitudini rappresentano tuttora delle efficaci forme di prevenzioni. Le sperimentazioni alla base del presente lavoro, pur se affette dalle incertezze normalmente presenti nelle misure di parametri non controllabili, permettono comunque di fare alcune considerazioni.

L'utilizzo di schermi per proteggersi dal sole ha sempre effetti positivi, anche in quei casi in cui sarebbe possibile lavorare per un intero turno di lavoro senza interruzioni, in quanto la sola riduzione della perdita di liquidi, permette di conservare l'equilibrio idrosalino dell'organismo umano che è alla base del funzionamento dei principali organi. Alla perdita di liquidi è anche associato un maggiore senso di affaticamento, particolarmente importante per chi svolge una attività lavorativa in cui è richiesta oltre alla "forza" anche una buona lucidità mentale (12).

I confronti effettuati hanno indicato l'efficacia degli schermi realizzati in materiali maggiormente isolanti come il cartone, ma buoni risultati si ottengono con la carta dei quotidiani e gli ombrelloni da spiaggia. Gli ombrelli da pioggia e le reti antipolveri sono risultate meno efficaci nello schermare le radiazioni responsabili del riscaldamento, probabilmente ciò a causa della scarsa densità dei tessuti e del colore scuro.

Anche nel caso di ambienti particolarmente umidi la schermatura della radiazione solare produce ottimi effetti per la salute dei lavoratori.

Si può affermare quindi, che quando non è possibile adottare misure di protezione "fisse" quali cabine climatizzate o controllo da remoto delle operazioni, anche soluzioni di fortuna come il semplice ombrellone da mare si rivelano efficaci per ridurre gli effetti da stress da calore.

In questa occasione è bene ribadire una serie di raccomandazioni che negli ultimi anni sono state recepite da chi si espone in occasioni turistico-ricreative ma ancora stentano ad essere applicate dai lavoratori. La prima raccomandazione è sicuramente quella di evitare, adeguando i turni di lavoro, l'esposizione nelle ore in cui la radiazione solare è maggiore. Molti siti web offrono, insieme alle previsioni meteo, anche previsioni sull'intensità della radiazione solare.

L'abitudine diffusa fra i lavoratori di scoprire parti del corpo, con l'illusione di provare maggiore refrigerio è sconsigliabile perché all'effetto termico di cui si è occupato il presente lavoro si somma l'effetto patologico sulla pelle e gli occhi delle radiazioni solari infrarosse e ultraviolette. È bene sottolineare che anche quando si utilizzano schermi protettivi la maggior parte delle radiazioni solari dannose raggiungono comunque il soggetto per riflessione. Meglio indossare abiti chiari, larghi e leggeri. Per le parti del corpo che comunque rimangono scoperte (occhi, viso e braccia) è sempre necessario utilizzare occhiali, e creme protettive.

Tutti gli esperti della prevenzione, (medici competenti, Rsp, Rls ecc.) che giornalmente sono a contatto con i lavoratori, giocano un ruolo importante nella diffusione delle informazioni e soprattutto nella rimozione di quelle "cattive abitudini" che sono responsabili di danni alla salute. Si sarebbe ottenuto già un buon risultato se i lavoratori fossero consapevoli dei rischi a cui sono esposti.

Bibliografia

- 1) del Gaudio M, Chiacchierini G, De Pasquale F, Guerrieri M, Tarantino M, Nicolini O. Valutazione del rischio da esposizione ad ambienti severi caldi. Atti del Convegno dBA 2006. Modena 12-13 ottobre 2006; 49-63.
- 2) del Gaudio M. Condizioni microclimatiche nelle attività estrattive. Atti dell'8° Convegno AIDII "Le giornate di Corvara" 20-22 marzo 2002; 141-144.
- 3) del Gaudio M, Lenzuni P. Esposizione a stress da alte temperature dei lavoratori delle cave di marmo di Carrara. Atti del Convegno "dBA 2002 - rumore, vibrazioni, microclima, illuminazione, onde elettromagnetiche. valutazione, prevenzione e bonifica negli ambienti di lavoro". Modena 25-27 settembre 2002; 91-97.
- 4) Santoianni P. Luce solare e fattori di rischio oncologico cutaneo. www.dermatologyresearch.com
- 5) Vajdic CM, Krickler A, Giblin Michael, McKenzie J, Aitken J, Giles GG, Armstrong BK. Sun exposure predicts risk of ocular melanoma in Australia. *Int J Cancer* 2002; 101: 175-182.
- 6) Taylor HR, West S, Muñoz B, Rosenthal FS, Bressler SB, Bressler NM. The Long-term Effects of Visible Light on the Eye. *Arch Ophthalmol* 1992; 110(1): 99-104.
- 7) Bouchama A, Knochel JP. Heat Stroke. *N Engl J Med*. Vol. 346, No. 25 June 20, 2002.
- 8) Zhang Y, Novieto D, Ji Y. Human environmental heat transfer simulation with CFD - The advances and challenges Eleventh International IBPSA Conference Glasgow, Scotland July 27-30, 2009 - 2162.
- 9) UNI EN ISO 7243 (1996) - Microclimi severi caldi. Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro).
- 10) 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.
- 11) del Gaudio M. Microclima e benessere termico come valutare l'accettabilità delle condizioni degli ambienti di lavoro. *Ambiente & sicurezza sul lavoro* 2011, (4) 70-74.
- 12) Schiavon M et al. L'idratazione nello sportivo. Biblioteca dello sport di Padova.