

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

COMUNE DI LATINA

Provincia LATINA

Azienda

ISTITUTO COMPRENSIVO "XII ISTITUTO BORGO FAITI"
VIA FRANGIPANE, 29

DVR RISCHIO MICROCLIMA

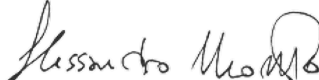
Datore di Lavoro

DIRIGENTE SCOLASTICO DOTT.SSA GIUSEPPINA IZZO

Elaborato

**INTEGRAZIONE AL DOCUMENTO DI
VALUTAZIONE DEI RISCHI
(APPROCCIO ANALITICO/QUANTITATIVO)**

*D.lgs. 9 aprile 2008 n. 81 così come corretto dal D.lgs. 106/09
e successive modificazioni*

Figure	Nominativo	Firma
Datore di Lavoro	DOTT.SSA GIUSEPPINA IZZO	
Medico Competente	DOTT.SSA KATIA TESTA	
Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza	PROF. AGOSTINO MORI	
Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione	DOTT. IN ARCH. ALESSANDRO MORETTO	

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

Sommario

ANAGRAFICA ISTITUTO - DATI GENERALI DELL'ISTITUTO.....	3
RELAZIONE DESCRITTIVA	4
DEFINIZIONI RICORRENTI.....	4
BENESSERE TERMICO.....	4
CONFORT TERMICO	5
DEFINIZIONI	5
METODOLOGIA DI VALUTAZIONE.....	7
BENESSERE TERMICO.....	9
L'INDICE DI RISCHIO.....	9
TABELLA 1.....	9
PROCEDURA OPERATIVA	10
VALUTAZIONE DISCOMFORT LOCALE.....	11
PARAMETRI MISURABILI IN LOCO E STRUMENTO RILEVATORE.....	11
ESEMPI DI ANDAMENTO DEL PMW – TABELLA DI RIFERIMENTO GENERALE	12
ESEMPI DI STUDIO (APPROCCIO ANALITICO/QUANTITATIVO).....	14

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

ANAGRAFICA ISTITUTO - DATI GENERALI DELL'ISTITUTO

Anagrafica Azienda	
Ragione Sociale	ISTITUTO COMPRENSIVO "XII ISTITUTO BORGO FAITI"
Natura Giuridica	Enti pubblici non economici
Attività	ISTRUZIONE
ATECO PRINCIPALE	85
Sede Legale	
Comune	LATINA
Provincia	LATINA
Indirizzo	VIA FRANGIPANE, 29
Dirigente Scolastico (DdL)	
Dirigente Scolastico (DdL)	DOTT.SSA GIUSEPPINA IZZO
Figure e Responsabili	
Datore di Lavoro	DOTT.SSA GIUSEPPINA IZZO
RSP	DOTT. IN ARCH. ALESSANDRO MORETTO
Medico Competente	DOTT.SSA KATIA TESTA
RLS	PROF. AGOSTINO MORI

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

RELAZIONE DESCRITTIVA

Negli ultimi anni sono state emanate, a livello europeo, nazionale e regionale, varie norme e disposizioni sul risparmio energetico e sulla qualità dell'ambiente interno. Tali riferimenti incidono sulla progettazione di nuove costruzioni e sugli interventi di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente.

Intraprendere interventi di risparmio energetico significa ridurre i consumi e le spese per riscaldamento, raffrescamento e ventilazione, contribuire alla riduzione delle emissioni e del consumo di combustibili, ma anche migliorare le condizioni di comfort all'interno degli edifici.

Il tema non riguarda solo la temperatura interna. Il benessere termo-igrometrico dipende dall'equilibrio tra edificio, impianti, condizioni ambientali, attività svolte dagli occupanti e abbigliamento. Per questo motivo le norme tecniche più recenti richiedono valutazioni sempre più integrate tra prestazione energetica, qualità dell'aria, controllo dell'umidità, comfort estivo e comfort locale.

Il presente documento è relativo alla **valutazione del rischio microclimatico** negli ambienti di lavoro scolastici, intendendosi per microclima il complesso dei parametri fisici ambientali che caratterizzano l'ambiente stesso e che, insieme con alcuni parametri individuali (quali l'attività metabolica e l'isolamento termico del vestiario) determinano gli scambi termici fra ambiente e lavoratori presenti.

La 'valutazione del microclima' è stata effettuata in base alla norma internazionale uni en iso 7730, che fornisce i metodi per prevedere la sensazione termica globale ed il grado di disagio (insoddisfazione termica) delle persone esposte ad ambienti termici moderati.

La norma permette la determinazione analitica e l'interpretazione del benessere termico mediante il calcolo del **P.M.W.** (voto medio previsto) e del **P.P.D.** (percentuale prevista di insoddisfatti) ed i criteri di benessere termico locale.

DEFINIZIONI RICORRENTI

AMBIENTE MODERATO: luogo di lavoro nel quale non esistono specifiche esigenze produttive che, vincolando uno o più degli altri principali parametri microclimatici (principalmente temperatura dell'aria, ma anche umidità relativa, velocità dell'aria, temperatura radiante e resistenza termica del vestiario), impediscano il raggiungimento del confort.

AMBIENTE SEVERO: viene definito "severo" un ambiente termico nel quale specifiche ed ineludibili esigenze produttive (vicinanza a forni ceramici o fusori, accesso a celle frigo o in ambienti legati al ciclo alimentare del freddo, ecc.) o condizioni climatiche esterne in lavorazioni effettuate all'aperto: in agricoltura, in edilizia, nei cantieri di cava, nelle opere di realizzazione e manutenzione delle strade, ecc.) determinano la presenza di parametri termoigrometrici stressanti.

INDICE P.P.D. (predicted percentage of dissatisfied – percentuale prevista di insoddisfazione): dall'indice P.M.W. è derivato un secondo indice denominato **P.P.D.** (predicted percentage of dissatisfied) che quantifica percentualmente i soggetti comunque "insoddisfatti" in rapporto a determinate condizioni microclimatiche.

BENESSERE TERMICO

Il confort è definibile come la sensazione di benessere fisico e mentale o come la condizione in cui un individuo esprime soddisfazione nei confronti dell'ambiente che lo circonda.

In generale, una persona si trova in stato di benessere quando non percepisce alcun tipo di sensazione fastidiosa ed è quindi in una condizione di neutralità assoluta rispetto all'ambiente circostante.

Il benessere è una quantità non misurabile analiticamente ma solo statisticamente perché dipende da troppe variabili di cui alcune strettamente soggettive e di natura psicologica.

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

CONFORT TERMICO

Il confort termico dipende da:

- parametri fisici: temperatura dell'aria, temperatura media radiante, umidità relativa, velocità dell'aria, pressione atmosferica;
- parametri esterni: attività svolta che influenza il metabolismo, abbigliamento;
- fattori organici: età, sesso, caratteristiche fisiche individuali;
- fattori psicologici e culturali.

in base alle condizioni sociali e ambientali, inoltre, si possono trovare diversi gradi di accettazione di situazioni non confortevoli.

Trovandosi in una prolungata situazione di disagio, infatti, si possono ritenere "normali" anche situazioni ambientali che in contesti diversi sarebbero giudicate di malessere.

	ESTATE	INVERNO
TEMPERATURA DELL'ARIA	26°C	20°C
UMIDITÀ RELATIVA	30% < U < 60%	30% < U < 50%
VELOCITÀ DELL'ARIA	0,1 ÷ 0,2 M/S	0,05 ÷ 0,1 M/S
TEMPERATURA EFFETTIVA	20 ÷ 22°C	16 ÷ 18°C

TAB. 1 - LIMITI MEDI PER CONDIZIONI IGROTERMICHE OTTIMALI

DEFINIZIONI

- **TEMPERATURA DELL'ARIA** (°C): intesa come temperatura di bulbo secco, è il fattore più importante nella determinazione del benessere termico.
- **TEMPERATURA MEDIA RADIANTE** (tmr, °C): è la temperatura media pesata delle temperature delle superfici che delimitano l'ambiente incluso l'effetto dell'irraggiamento solare incidente. influisce sugli scambi per irraggiamento. assieme alla temperatura dell'aria, la tmr è il fattore che influenza maggiormente la sensazione di calore perché la radiazione che cade sulla cute ne attiva gli stessi organi sensori.
- **VELOCITÀ DELL'ARIA** (m/s): il movimento dell'aria produce effetti termici anche senza variazione della temperatura dell'aria e può favorire la dissipazione del calore, attraverso la superficie dell'epidermide, nei seguenti modi:
 - aumento della dissipazione del calore per convezione, fino a quando la temperatura dell'aria rimane inferiore a quella dell'epidermide;
 - accelerazione dell'evaporazione e quindi produzione di raffreddamento fisiologico; alle basse umidità (< 30 %) questo effetto è irrilevante in quanto si ha già una intensa evaporazione anche con aria ferma; alle alte umidità (> 80 %) l'evaporazione è comunque limitata e il movimento dell'aria non ha grandi effetti rinfrescanti. l'evaporazione può essere invece notevolmente accelerata alle medie umidità (40-50 %): se l'aria è ferma, lo strato più vicino all'epidermide si satura velocemente, impedendo un'ulteriore evaporazione, il movimento dell'aria invece può assicurare un ricambio e quindi una continua evaporazione.
 - L'utilizzo del movimento dell'aria per il raffreddamento può essere limitato dai suoi effetti fastidiosi, infatti, le reazioni medie soggettive alle varie velocità sono differenti. La ventilazione influisce anche sulla qualità dell'aria interna e quindi sulla salute degli occupanti.
- **UMIDITÀ RELATIVA (U.R., %)**: è il rapporto fra la quantità di acqua contenuta in un kg d'aria secca ad una certa temperatura e la quantità massima di acqua che potrebbe essere contenuta alla stessa temperatura dallo stesso kg d'aria. L'umidità dell'atmosfera, se non è estremamente alta o bassa, ha un effetto lieve sulla sensazione di benessere. Alle temperature di benessere non c'è necessità di raffreddamento evaporativo mentre a temperature più alte questo diventa il mezzo più importante di dissipazione del calore. l'aria satura (100 % di U.R.) impedisce qualsiasi raffreddamento di tipo evaporativo. quando l'U.R. è minore del 20 % le membrane mucose si seccano ed aumentano le possibilità di infezione. A basse temperature l'aria molto secca accresce la sensazione di freddo in quanto l'umidità che raggiunge la superficie dell'epidermide evaporando provoca una spiacevole sensazione di freddo. Per temperature dell'aria superiori ai 32°C con U.R. oltre il 70 % si accentua la

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

sensazione di caldo in quanto il sudore prodotto non può evaporare. In regime stazionario un aumento di **U.R.** del 10 % ha lo stesso effetto di un aumento di temperatura di 0,3 °C. L'influenza dell'**U.R.** aumenta se ci si sposta fra ambienti con diverse quantità della stessa (cioè in regime dinamico) aumentando l'incidenza sulla sensazione di benessere fino a 2 o 3 volte.

- **ATTIVITÀ SVOLTA (TASSO DI METABOLISMO):** il corpo produce costantemente calore in quantità variabile: "metabolismo" è il termine che descrive tali processi biologici. il tasso di metabolismo è l'energia liberata per unità di tempo dalla trasformazione degli alimenti. La quantità richiesta dal corpo dipende dal livello di attività. si esprime in watt/mq di superficie corporea (circa 1,8 mq) o in "met" (1 met = tasso metabolico di una persona in riposo = 58 w/mq).

METABOLISMO ENERGETICO PER DIVERSE ATTIVITA' (UNI EN ISO 7730 – UNI EN ISO 8996)

Tipo di attività prevalente esercitata	MET
Distesi o sdraiati	0,8
Seduti, rilassati	1,0
Attività sedentarie (ufficio, abitazione, laboratorio, scuola)	1,2
In piedi, a riposo	1,2
In piedi, attività leggere (shopping, laboratorio, industria leggera)	1,6
In piedi, attività medie (commesso, lavori domestici, lavori alle macchine)	2,0
Attività pesante (lavoro pesante su macchinari, garage)	2,6
Camminare in piano alla velocità di 2 Km/h	1,9
Camminare in piano alla velocità di 3 Km/h	2,4
Camminare in piano alla velocità di 4 Km/h	2,8
Camminare in piano alla velocità di 5 Km/h	3,4

Nota: 1 MET = 58,15 Watt/mq

- **ISOLAMENTO TERMICO DEL VESTIARIO (CLO):** il vestiario influisce sulle perdite di calore per evaporazione, sugli scambi di calore per conduzione e irraggiamento. il vestiario è l'isolamento termico delle persone e il cambio del vestiario rappresenta il più efficace sistema cosciente di controllo sulle dispersioni termiche. L'isolamento termico del vestiario è espresso in "clo" (1 clo = tenuta invernale tipica da interno = 0,155 mq k/w).

ISOLAMENTO TERMICO DEL VESTIARIO (UNI EN ISO 7730 – UNI EN ISO 9920)

Tipo di attività prevalente esercitata	CLO
Tipico abbigliamento tropicale: slip, pantaloncini, camicia a maniche corte, scarpe	0,30
Tipico abbigliamento leggero estivo	0,50
Slip, tuta, calzini, scarpe	0,70
Slip, camicia, tuta, calzini, scarpe	0,80
Slip, camicia, pantaloni, grembiule, calzini, scarpe	0,90
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe	1,00
Tipico abbigliamento invernale per ambienti chiusi	1,00
Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, giacca termica, calzini, scarpe	1,20
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, giacca con imbottitura pesante e tuta, calzini, scarpe, berretto e guanti	1,40
Completo invernale tipico	1,50
Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, camicia, pantaloni, giacca, giacca con imbottitura pesante e tuta, calzini, scarpe	2,00
Biancheria intima a maniche e gambe lunghe, giacca termica e pantaloni, parka, parka con imbottitura pesante, tuta con imbottitura pesante, calzini, scarpe, berretto e guanti	2,55

Nota: 1 CLO = gradiente termico di 0,18 °C su un'area di 1 m² attraversata da un flusso termico di 1 Kcal/h

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

METODOLOGIA DI VALUTAZIONE

L'indice **P.M.W.** (predicted mean vote) è una funzione matematica di 6 parametri che esprime il valore medio dei voti di un campione significativo di persone su una scala di sensazioni termiche a 7 punti che varia da -3 a +3.

La seguente tabella 1 riporta, in funzione dei valori di P.M.W., i corrispondenti valori di P.P.D. (percentuale di lavoratori insoddisfatti) ed il corrispondente giudizio termico sull'ambiente di lavoro.

TABELLA 1 – VALORI DI P.M.W., P.P.D. E VALUTAZIONE AMBIENTE TERMICO.

P.M.W.	P.P.D. (%)	VALUTAZIONE AMBIENTE TERMICO
+ 3	100	MOLTO CALDO
+ 2	75.5	CALDO
+ 1	26.5	TIEPIDO
+ 0.50	10	BENESSERE TERMICO
0	0	
- 0.50	10	
- 1	26.5	FRESCO
- 2	75.5	FREDDO
- 3	100	MOLTO FREDDO

Il valore di **P.M.W.** viene calcolato con una equazione complessa, in funzione dei seguenti parametri:

- **TA:** TEMPERATURA DELL'ARIA IN °C
- **TR:** TEMPERATURA MEDIA RADIANTE IN °C

La umidità relativa **U.R.** (%) è legata alla pressione parziale del vapor d'acqua dalla seguente relazione:

- **PA = U.R. X 10 X E** (16,6536 – 4030,183/(TA+235))

LA **FIGURA 1** RAPPRESENTA IL GRAFICO RELATIVO ALLA EQUAZIONE GIÀ RIPORTATA IN PRECEDENZA:

- **P.P.D. = 100 – 95 × EXP –(0,03353 × PMV⁴ + 0,2179 × PMV²)**

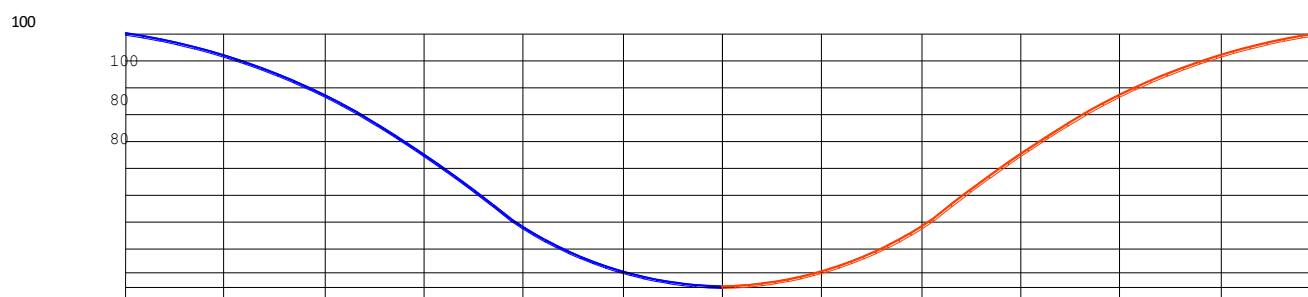


FIGURA 1 – DIAGRAMMA P.P.D. (PERCENTUALE PREVISTA DI INSODDISFATTI) IN FUNZIONE DEL P.M.W. (VOTO MEDIO PREVISTO)

L'indice **P.M.W.** (predicted mean vote) è una funzione matematica di 6 parametri che esprime il valore medio dei voti di un campione significativo di persone su una scala di sensazioni termiche a 7 punti che varia da -3 a +3.

L'indice **P.M.W.** dovrebbe essere usato solo per valori di P.M.W. compresi tra -2 e +2 in funzione dei sei parametri principali:

- **Ta** = TEMPERATURA DELL'ARIA (°C)
- **Tr** = TEMPERATURA MEDIA RADIANTE (°C)
- **Va** = VELOCITA' DELL'ARIA (M/S)
- **U.R.** = UMIDITA' RELATIVA (%)
- **M** = ATTIVITA' METABOLICA (MET)
- **ICL** = ISOLAMENTO TERMICO VESTIARIO (CLO)

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

Il calcolo del **P.M.W.** consente di attribuire un voto a qualsiasi condizione ambientale.

Per stabilire quale votazione sia considerata sufficiente viene introdotta un'ultima grandezza: la percentuale prevista di insoddisfatti (P.P.D. - predicted percentage of dissatisfied).

Viene definito convenzionalmente insoddisfatto un soggetto che dia una votazione all'ambiente maggiore o uguale a +2 o minore o eguale a -2, corrispondenti rispettivamente alle sensazioni di caldo e di freddo.

Il responso è di carattere statistico, per cui anche in condizioni di neutralità si ha mediamente una certa percentuale di insoddisfatti o verso il caldo (2,5%) o verso il freddo (2,5%).

Ciò significa che nelle migliori condizioni il 5% dei soggetti risulta insoddisfatto. tale percentuale aumenta quando ci si allontani da condizioni di neutralità).

PER OGNI AMBIENTE VENGONO CALCOLATI:

- o **P.M.W.** (VOTO MEDIO PREVISTO)
- o **P.P.D.** (PERCENTUALE PREVISTA DI INSODDISFATTI)
- o **TO** (TEMPERATURA OPERATIVA)

La **valutazione del microclima ambientale** e del **comfort** dei lavoratori avviene mediante la misurazione di parametri ambientali ed individuali, misurazione seguita dall'elaborazione di specifici **indici di comfort** che permettono di esprimere numericamente le condizioni microclimatiche di un ambiente.

Ricordiamo che il **comfort termico** viene definito dalla american society of heating, refrigerating and air conditioning engineers (ashrae) come "condizione di benessere psicofisico dell'individuo rispetto all'ambiente in cui vive e opera" e la valutazione di tale benessere può essere quantificata specialmente attraverso due indici:

- **P.M.W.** (voto medio previsto): è il valore medio dei voti previsto in un consistente gruppo di persone, secondo una scala di sensazione termica a 7 punti (da +3 (molto caldo) a -3 (molto freddo) passando per 0 (né caldo né freddo);
- **P.P.D.** (percentuale prevista di insoddisfatti): percentuale di soggetti termicamente insoddisfatti in uno specifico ambiente: è un indice calcolato a partire dal valore di P.M.W.

Il P.M.W. è un indice adatto alla valutazione di **ambienti lavorativi a microclima moderato**, ad esempio uffici, laboratori di ricerca, scuole, ospedali, ... uno stato di comfort termico si raggiunge per valori di **P.M.W. compresi tra + 0,5 e - 0,5**, cui corrisponde una percentuale di insoddisfatti delle condizioni termiche (P.P.D.) inferiore al 10%.

Dal punto di vista termico si distinguono diverse **tipologie di ambiente**:

- "**ambienti moderati**, in cui si possono raggiungere condizioni di comfort";
- "**ambienti severi** in cui tali condizioni non possono essere garantite e pertanto ci si deve preoccupare di assicurare la salute e la sicurezza del lavoratore".

Negli **ambienti moderati** il lavoratore non corre generalmente rischi per la salute ed è possibile raggiungere la condizione di **benessere termico**, una sorta di "equilibrio termico tra soggetto ed ambiente ottenuta mediante un'attivazione minima dei meccanismi di termoregolazione per mantenere costante la temperatura corporea intorno ai 37°C".

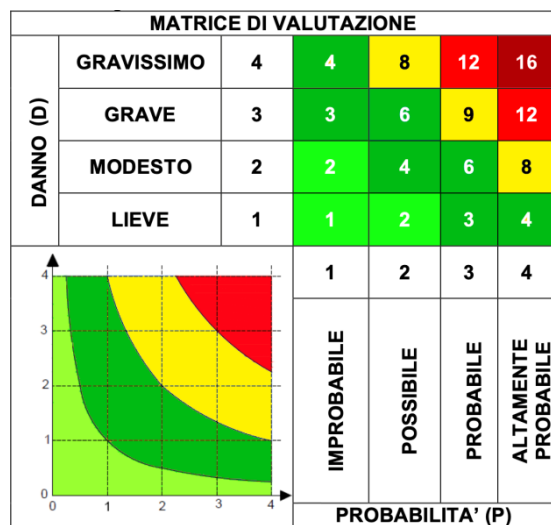
In questo caso per la valutazione gli indici più utilizzati sono descritti nella uni en iso 7730 e sono, come abbiamo visto, il **P.M.W.** (predicted mean vote) e il **P.P.D.** (predicted percentage of dissatisfied). si deve inoltre tener conto dei discomfort locali individuati dalla stessa uni en iso 7730.

BENESSERE TERMICO

- P.M.V. f(V Ta U Tr M Icl)
- P.P.D. f(P.M.W.)

In funzione dei dati rilevati nelle misurazioni viene individuato il 'livello di confort ambientale' e viene individuato:

L'INDICE DI RISCHIO



Indice		
Non applicabile	R = 0	P.M.W. =0
Rischio Irrilevante	R = 1, 2, 3	0,00<P.M.W.<=+0,50
Rischio Lieve	R = 4, 6	0,50<P.M.W.<=1,00
Rischio Moderato	R = 8	1,00<P.M.W.<=1,40
Rischio Medio	R = 9, 12	1,40<P.M.W.<=2,40
Rischio Alto	R = 16	2,40<P.M.W.<=3,00

TABELLA 1

Valori di P.M.W. - P.P.D. e valutazione ambiente termico.

P.M.W.	P.P.D. (%)	VALUTAZIONE AMBIENTE TERMICO (LEGENDA)
+ 3	100	MOLTO CALDO
+ 2	75.5	CALDO
+ 1	26.5	TIEPIDO
+ 0.50	10	BENESSERE TERMICO
0	0	
- 0.50	10	
- 1	26.5	FRESCO
- 2	75.5	FREDDO
- 3	100	MOLTO FREDDO

PROCEDURA OPERATIVA

Il calcolo presentato fa riferimento ad una fonte esterna (disponibile al link: <https://www.portaleagentifisici.it/c.php?lg=IT&id=929> e da lì al link: <https://comfort.cbe.berkeley.edu/EN>), è amministrato dall'università statunitense di Berkeley ed è in lingua inglese, tuttavia è di semplice utilizzo. Di seguito si riportano alcune informazioni per poterlo utilizzare sia per la valutazione di discomfort globale che per la valutazione di discomfort locale.

Il collegamento rimanda alla pagina del calcolatore che è conforme alla norma **EN 7730** (e che verifica anche la EN 16798) ed è già impostato sul metodo P.M.W. - P.P.D.. In alto a destra sono riportati i risultati il voto medio previsto (P.M.W.), la percentuale prevista di insoddisfatti (P.P.D.) e la categoria (CATEGORY) accettabile per tale risultato.

Valutazione discomfort globale

I parametri richiesti per il calcolo di tali risultati devono essere inseriti sul lato sinistro della pagina. Nella tabella successiva riportiamo i parametri con denominazione in inglese e i relativi termini in italiano.

Parametro (ENG)	Parametro (IT)	Unità
Select Method	Metodo di calcolo	-
Air Temperature	Temperatura dell'aria	°C
Mean Radiant Temperature	Temperatura Media radiante	°C
Air Speed	Velocità dell'aria	m/s
Relative Humidity	Umidità relativa	%
Metabolic Rate	Attività Metabolica	met
Dynamic Clothing Insulation	Isolamento Termico	clo

In particolare per compilare i campi relativi al tasso metabolico e all'isolamento termico si riportano alcune tabelle che possono essere usate come riferimento. Per la tabella relativa all'attività metabolica si noti che sono richiesti i valori in met.

Attività metabolica	Met	Esempi
Riposo	1.2	Seduto, in piedi a riposo
Attività molto leggera	1.5	Lavoro manuale leggero (scrittura, disegno, scrittura con tastiera); lavoro manuale (piccoli attrezzi da banco, controllo, assemblaggio o smistamento di oggetti leggeri).
Attività leggera	1.9	Lavoro che interessa le braccia (guida di veicoli in condizioni normali, utilizzo di comandi a pedale); lavorazioni con attrezzature a bassa potenza; camminata lenta.
Attività moderata	2.5	Lavoro continuo che interessa mani e braccia (inchiodatura, limatura), lavoro che interessa braccia e gambe (guida in fuori strada di: veicoli pesanti, trattori o veicoli per costruzioni edili).
Attività tra moderata e pesante	3.0	Lavoro che interessa corpo e braccia; lavoro con martello pneumatico; lavoro manuale non continuato con materiali mediamente pesanti, trazione o spinta di carrelli o carriole leggere, camminata ad una velocità dai 4 ai 5 km/h, guida di motoslitte.
Attività intensa	3.4	Lavoro intenso che interessa tronco e braccia, trasporto di oggetti pesanti, spalatura, lavoro con la mazza, taglio alberi con motosega, sfalcio manuale dell'erba, camminata ad una velocità dai 5 ai 6 km/h, trazione o spinta di carrelli o carriole pesanti, posizionamento blocchi di cemento, ripulitura colate, guida di motoslitte in terreni difficili.
Attività molto intensa	4.0	Attività intensa a ritmo sostenuto; lavoro con ascia; spalatura o scavo; salita di scale, rampe o scale a pioli, camminata veloce a piccoli passi (velocità superiore a 6 km/h), corsa, camminata nella neve fresca.

La seguente tabella riposta alcuni esempi di valori di isolamento termico reimpostati in clo.

<i>Isolamento Termico (Clo)</i>	<i>Combinazione di Vestiario</i>
0.5	Mutande, maglietta a maniche corte, pantaloni aderenti, calzini al polpaccio, scarpe
0.6	Mutande, maglietta a maniche lunghe, pantaloni aderenti, calzini, scarpe
0.7	Mutande, tuta da lavoro, calzini, scarpe
0.9	Mutande, maglietta a maniche lunghe, camice, pantaloni, calzini, scarpe
1.0	Mutande, canottiera, maglietta a maniche lunghe, camice, calzini al polpaccio, scarpe
1.1	Mutande, canottiera, maglietta a maniche lunghe, pantaloni, giacchetto, calzini, scarpe

VALUTAZIONE DISCOMFORT LOCALE

Per inserire i parametri necessari al calcolo del discomfort locale è necessario cliccare il tasto "Local Discomfort" situato in basso a destra prima del tasto "Documentation". Una volta cliccato si aprirà una finestra che richiederà l'inserimento dei parametri elencati nella tabella successiva. Una volta inseriti i valori il calcolatore valuta anche la categoria accettabile risultante.

Parametro (ENG)	Parametro (IT)
<i>Radian temperature Asymmetry - Asimmetria della temperatura radiante</i>	
Warm ceiling asymmetry	Soffitto caldo
Cool ceiling asymmetry	Soffitto freddo
Warm wall asymmetry	Parete calda
Cold wall asymmetry	Parete fredda
<i>Vertical air temperature difference - Gradiente verticale di temperatura dell'aria</i>	
Head level air temperature	Temperatura dell'aria alla testa
Ankle level air temperature	Temperatura dell'aria alle caviglie
<i>Temperatura della superficie del pavimento</i>	
Floor surface	Temperatura del pavimento
<i>Draft - Correnti d'aria</i>	
Operative temperature	Temperatura locale
Air speed	Velocità dell'aria

PARAMETRI MISURABILI IN LOCO E STRUMENTO RILEVATORE

La 'valutazione del microclima' può essere effettuata mediante il calcolo del 'P.M.W.' in funzione dei 6 parametri principali (v t a u t r m i c l).

I dati vanno rilevati tramite 'centralina microclimatica' (possibilmente tarata e certificata) e/o App atta a rilevare:

- DATA E ORA
- SONDA DI TEMPERATURA TERMOMETRICA A SENSORE
- SONDA DELLA UM. RELATIVA

Andrà resa disponibile in sede la copia del libretto di uso e manutenzione riportante la descrizione e i parametri tecnici dello strumento.

ESEMPI DI ANDAMENTO DEL PMW – TABELLA DI RIFERIMENTO GENERALE

La Tabella a seguire ha la funzione di servire da riferimento per una valutazione operativa del PMW, al fine di prendere decisioni tempestive al variare dei parametri che influiscono sul risultato dell'algoritmo.

Sarà così agevole valutare le azioni conseguenti in virtù del variare, misurato, dei parametri di Temperatura ed Umidità.

Tabella di riferimento	Indice	SOGLIE CRITICHE	AZIONI CONSIGLIATE
Non applicabile	R = 0	P.M.W. =0	TIPO 0
Rischio Irrilevante	R = 1, 2, 3	0,00<P.M.W.<=+0,50	TIPO 1
Rischio Lieve	R = 4, 6	0,50<P.M.W.<=1,00	TIPO 2
Rischio Moderato	R = 8	1,00<P.M.W.<=1,40	TIPO 3
Rischio Medio	R = 9	1,40<P.M.W.<=2,40	TIPO 4
Rischio Alto	R = 12	2,40<P.M.W.<=3,00	TIPO 5
Rischio molto Alto	R = 16	P.M.W.>3,00	TIPO 6

TEMPERATURA DELL'ARIA	25	26	27	28	29	30	31
TEMPERATURA RADIANTE PRINCIPALE	27	28	29	30	31	32	33
VELOCITÀ DELL'ARIA	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
UMIDITÀ RELATIVA	37	37	37	37	37	37	37
VALORE METABOLICO	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
COEFFICIENTE DI ABBIGLIAMENTO	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PMW	0,085839	0,413888	0,744196	1,076808	1,411766	1,749136	2,088959

TEMPERATURA DELL'ARIA	32	33	34	35	36	37	38
TEMPERATURA RADIANTE PRINCIPALE	34	35	36	37	38	39	40
VELOCITÀ DELL'ARIA	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
UMIDITÀ RELATIVA	37	37	37	37	37	37	37
VALORE METABOLICO	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
COEFFICIENTE DI ABBIGLIAMENTO	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
PMW	2,431288	2,776176	3,123679	3,473848	3,826759	4,182451	4,540996

NOTA:

Si è considerato il parametro di Umidità Relativa pari al 37%, cioè una condizione media statistica in ambienti interni. L'eventuale aumento dell'U.R. incide in modo diretto ad aggravare sul parametro PMW, inasprendo il livello di rischio valutato.

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

DETTAGLIO DELLE AZIONI CONSIGLIATE IN VIRTÙ DELLE SOGLIE CRITICHE RAGGIUNTE	
Azioni Tipo	DESCRIZIONE (APPLICABILE IN VIRTÙ DEI PARAMETRI QUALITATIVI TABELLATI A PAG. 12 OPPURE PER VALUTAZIONE QUALITATIVA CORRELATA AL DISCOMFORT PERCEPITO ALL'INTERNO DEI LOCALI)
0	- Dotarsi di postazione termo-igrometrica a libera installazione (meglio se tarata e certificata). - Monitoraggio e periodica verifica della temperatura e dell'umidità relativa mediante postazione mobile (mantenerla posizionata <u>per non meno di 20 minuti</u> prima di annotare/fotografare la rilevazione effettuata). I parametri rilevati potranno essere inseriti nel Portale degli Agenti Fisici al link operativo https://comfort.cbe.berkeley.edu/EN al fine di ottenere il PMV (PMV) in tempo reale. - Richiedere all'Ente Locale, a prescindere da criticità in atto, interventi immediati di miglioramento del comfort microclimatico (es. verifica/installazione di tende oscuranti, fornitura di condizionatori/ventilatori portatili, manutenzione degli impianti esistenti). - Richiesta all'Ente Locale della verifica del carico elettrico massimo al fine di posizionare ventilatori a soffitto o a piantana (eventuale acquisizione da parte dell'Istituto di quelli a piantana, qualora individuati fondi disponibili, oppure fornitura da parte dell'Ente Locale) e/o di unità di condizionamento a libera installazione. - Controllo giornaliero dei dati provenienti dal Ministero della Salute, attraverso il "Sistema nazionale di previsione e prevenzione degli effetti del caldo sulla salute" ed il colore del livello ("bollini") attribuito al territorio di competenza, al fine di predisporre per tempo le azioni necessarie.
1	<u>Tutte le Azioni di Tipo 0 e in aggiunta:</u> - Punti acqua ed emergenza: Monitoraggio del funzionamento delle fontanelle/punti acqua d'istituto. - Strategia di aerazione e oscuramento: Chiusura di tende e persiane prima dell'arrivo del sole e apertura delle finestre durante la prima mattinata per favorire il ricambio d'aria. - Circolare/Vademecum informativo: Diffusione di buone pratiche generali (abbigliamento leggero in fibre naturali, idratazione frequente con borraccia, alimentazione fresca e leggera). - Mappatura dei lavoratori e alunni fragili: Richiesta al Medico Competente di indicazioni specifiche per la tutela di soggetti iper-suscettibili al calore (patologie cardiache, respiratorie, disabilità, ecc.) - Predisposizione di un protocollo di primo soccorso in caso di colpi di calore o malori da condividere con il personale e le famiglie degli alunni.
2	<u>Tutte le Azioni di Tipo 1 e in aggiunta:</u> - Misure Gestionali e di Regolazione dell'Orario. - Creazione di aree di ristoro climatizzate.
3	<u>Tutte le Azioni di Tipo 2 e in aggiunta:</u> - Rimodulazione del piano delle lezioni: Posticipo o sospensione delle attività fisiche intense (educazione motoria) e della ricreazione all'aperto nelle ore di massima insolazione. - Rotazione e uso strategico degli ambienti: Trasferimento delle classi situate ai piani alti o esposte a sud/ovest verso locali esposti a nord, piani terra, biblioteche o laboratori più freschi. - Utilizzo condizionato di ventilatori e/o unità di condizionamento a libera installazione (previo nulla osta dell'Ente Locale, evitando il flusso d'aria diretto sulle persone).
4	<u>Tutte le Azioni di Tipo 3 e in aggiunta:</u> - Flessibilità oraria ed eventuale riduzione: Predisposizione di decreti di riduzione dell'orario scolastico o autorizzazione alle uscite anticipate nelle giornate con bollino rosso/arancione per il calore (nel tempo pieno o per le attività didattiche extra-curricolari assicurare la fruizione del pasto). - Valutare allontanamento soggetti fragili e iper-suscettibili dai locali/aree di maggior criticità.
5	<u>Tutte le Azioni di Tipo 4 e in aggiunta:</u> - (in assenza di interventi da parte dell'Ente Locale e/o inefficacia/inapplicabilità delle azioni precedenti): Sospensione temporanea delle attività di Istituto.
6	<u>Tutte le Azioni di Tipo 5 e in aggiunta:</u> - (in assenza di interventi da parte dell'Ente Locale e/o inefficacia/inapplicabilità delle azioni precedenti e previo confronto con Sindaco/Prefetto): sospensione delle attività di Istituto e temporanea chiusura del plesso.

ESEMPI DI STUDIO (APPROCCIO ANALITICO/QUANTITATIVO)

PLESSO: _____		DATA: __/__/20__		ORA DI RILEVAMENTO: __:__		
DATI RILEVATI						
AMBIENTE	Ta [C]	Va [m/s]	U.R. [%]	Tr [C]	Idl [CLO]	MET [MET]
SEGRETERIA	26	0,1	37	28	0,5	1,1
NOTE:						

Inputs

Select method:

PMV method

Air temperature

26 °C

☐ Use operative temp

Mean radiant temperature

28 °C

Air speed

0.1 m/s

Relative humidity

37 %

Relative humidity

Metabolic rate

1.1 met

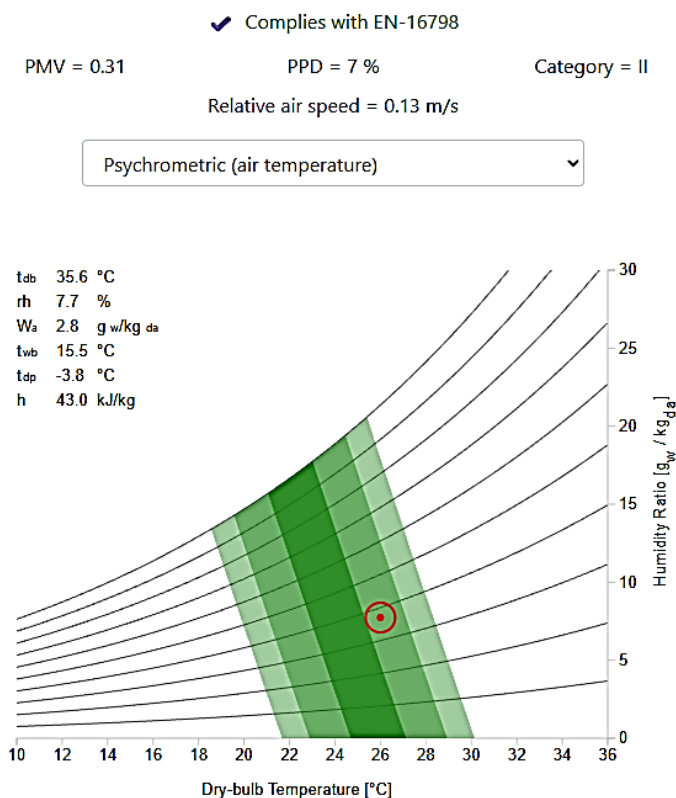
Seated, quiet: 1.0

Dynamic clothing insulation

0.5 clo

Trousers, long-sleeve shir

Create custom ensemble



Modulo grafico editabile disponibile al link <https://comfort.cbe.berkeley.edu/EN>

VALUTAZIONE FINALE: Il valore calcolato di PMV è pari a **0,31** pertanto:

- CONFORME alla Norma EN-16798 (Riferimento Europeo per la Prestazione Energetica degli edifici)
- all'interno del range di **RISCHIO LIEVE (R=3)**
- 7% di insoddisfatti

Tabella di riferimento	Indice	SOGLIE CRITICHE	AZIONI CONSIGLIATE
Rischio Irrilevante	R = 3	0,00<P.M.W.<=+0,50	TIPO 1

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

PLESSO: _____		DATA: ____/____/20__		ORA DI RILEVAMENTO: ____:____		
DATI RILEVATI						
AMBIENTE	Ta [C]	Va [m/s]	U.R. [%]	Tr [C]	Icl [CLO]	MET [MET]
AULA 1	29	0,1	37	31	0.5	1,1
NOTE:						

Inputs

Select method:

PMV method

Air temperature

29 °C

☐ Use operative temp

Mean radiant temperature

31 °C

Air speed

0.1 m/s

Relative humidity

37 %

Relative humidity

Metabolic rate

1.1 met

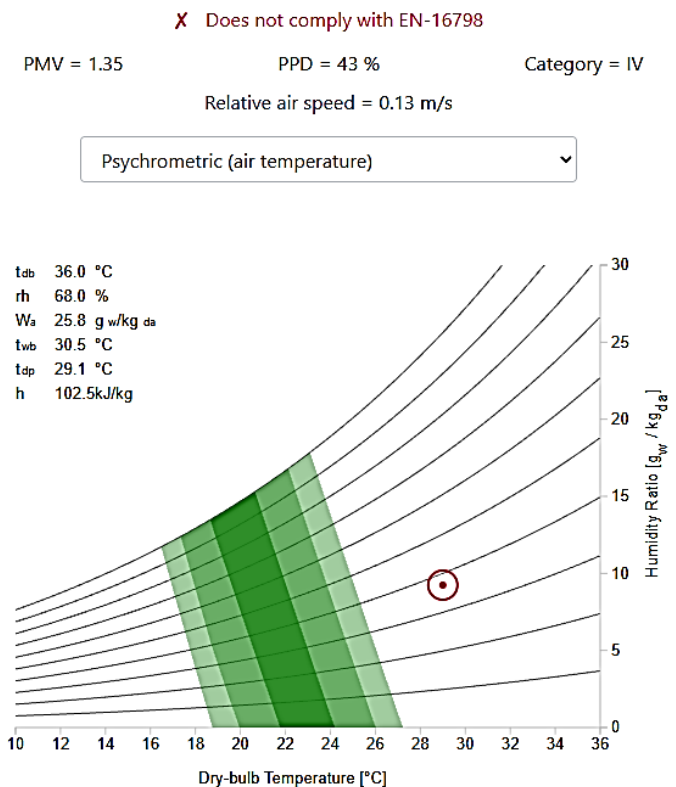
Seated, quiet: 1.0

Dynamic clothing insulation

0.5 clo

Trousers, long-sleeve shir

Create custom ensemble



Modulo grafico editabile disponibile al link <https://comfort.cbe.berkeley.edu/EN>

	VALUTAZIONE FINALE: Il valore calcolato di PMW è pari a 1,35 pertanto: - NON CONFORME alla Norma EN-16798 (Riferimento Europeo per la Prestazione Energetica degli edifici) - all'interno del range di LIMITE ALTO DEL RISCHIO MODERATO (R=8) 43% di insoddisfatti
--	---

Tabella di riferimento	Indice	SOGLIE CRITICHE	AZIONI CONSIGLIATE
Rischio Medio	R = 8	1,00<P.M.W.<=1,40	TIPO 3

DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO MICROCLIMA IN AMBIENTI SCOLASTICI

PLESSO: _____		DATA: ____/____/20__		ORA DI RILEVAMENTO: ____:____		
DATI RILEVATI						
AMBIENTE	Ta [C]	Va [m/s]	U.R. [%]	Tr [C]	Icl [CLO]	MET [MET]
AULA 2	33	0,1	37	35	0.5	1,1
NOTE:						

Inputs

Select method:

PMV method

Air temperature

33 °C

☐ Use operative temp

Mean radiant temperature

35 °C

Air speed

0.1 m/s

Relative humidity

37 %

Relative humidity

Metabolic rate

1.1 met

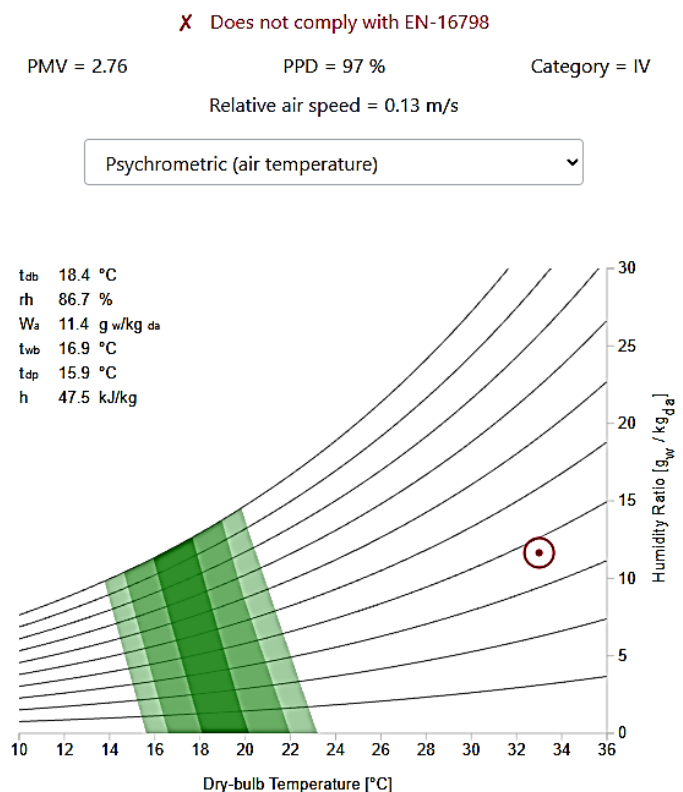
Seated, quiet: 1.0

Dynamic clothing insulation

0.5 clo

Trousers, long-sleeve shir

Create custom ensemble



Modulo grafico editabile disponibile al link <https://comfort.cbe.berkeley.edu/EN>

VALUTAZIONE FINALE: Il valore calcolato di PMW è pari a **2,76** pertanto:

- NON CONFORME alla Norma EN-16798 (Riferimento Europeo per la Prestazione Energetica degli edifici)
- all'interno del range di **RISCHIO ALTO (R=12)**
- 97% di insoddisfatti

Tabella di riferimento	Indice	SOGLIE CRITICHE	AZIONI CONSIGLIATE
Rischio molto Alto	R = 12	2,40<P.M.W.<=3,00	TIPO 5