

Cristiano Vergani  
Responsabile R & S  
Deparia Engineering S.r.l.  
Email: [cristiano.vergani@deparia.com](mailto:cristiano.vergani@deparia.com)

## **Le condizioni di comfort per i gruppi sensibili**

*Per anziani, bambini, disabili e convalescenti le condizioni di comfort non coincidono necessariamente con quelle stabilite dalle norme che si riferiscono alla popolazione generale. In particolare il gruppo degli anziani sta diventando, nel nostro Paese, una realtà numericamente importante, un fatto che impone una attenta scelta dei parametri di progetto di molti impianti di climatizzazione.*

La popolazione di molti Paesi industrializzati sta invecchiando rapidamente: l'Italia non fa certo eccezione, contendendo a Spagna, Grecia e Germania il primato europeo per quanto riguarda la preponderanza dei cittadini "over 65" rispetto alla fascia di età fino a 14 anni. Tra i tanti problemi connessi a questo aspetto, uno in particolare coinvolge la responsabilità dei progettisti degli impianti di trattamento dell'aria: la diversa percezione del comfort termico da parte degli anziani e, in generale, di altri gruppi omogenei particolarmente sensibili. Moltissimi edifici del terziario (banche, poste, centri commerciali, uffici pubblici ecc.) sono frequentati prevalentemente, o quasi, da persone di una certa età. La maggior parte di questi edifici è di recente realizzazione, ed è dotata di moderni impianti di climatizzazione, probabilmente (diciamo da "non sempre" ad "occasionalmente") progettati in base alla normativa vigente, in gran parte comunque secondo le regole della buona tecnica. Eppure, è esperienza comune che, in molti di questi edifici, le condizioni termoigrometriche non siano esattamente confortevoli, specialmente per alcuni gruppi di persone, come i bambini (a causa del diverso rapporto volume/superficie del corpo, che si riflette sul bilancio termico dell'organismo infantile, e del metabolismo accelerato tipico dell'accrescimento) e gli anziani (a causa della ridotta capacità di termoregolazione e della minore sensibilità alla disidratazione). Naturalmente,

anziani e bambini non rappresentano i soli gruppi omogenei particolarmente sensibili nei confronti dei parametri climatici di questi ambienti: disabili, malati e convalescenti, nonché, fenomeno recente per il nostro Paese, immigrati provenienti da zone geografiche caratterizzate da climi fortemente diversi dal nostro, costituiscono un insieme identificabile in base alla particolare sensibilità termica. Se si sommano tutti questi gruppi, si scoprirà che, specialmente per certe tipologie di edificio e in condizioni ambientali esterne gravose, la massima percentuale di insoddisfatti del comfort termoisometrico sarà probabilmente molto maggiore del 10% ritenuto ideale dalla normativa attuale di riferimento. In genere, la particolare sensibilità di questi gruppi si manifesta attraverso un minore potere di adattamento a condizioni termoisometriche anche solo di poco differenti rispetto a quelle ideali per quel determinato insieme omogeneo di individui.

#### **La diversa sensibilità termica negli anziani**

La soglia di età oltre la quale identificare la frazione "anziana" della popolazione è, nelle società del benessere, in costante ascesa. Per convenzione, attualmente si può stabilire oltre i 65 anni dal punto di vista dell'equilibrio termico con l'ambiente, una "soglia di anzianità" può essere evidenziata quando l'organismo della persona diventa più vulnerabile nei confronti dei cambiamenti climatici, perché il suo meccanismo di termoregolazione non funziona più a dovere. Inoltre, molte persone di una certa età sono costrette ad assumere farmaci che possono interferire con i delicati meccanismi fisiologici che regolano gli scambi di calore con l'ambiente. E' peraltro noto e risaputo che in età avanzata si soffrono molto di più gli scostamenti dalla temperatura di massimo comfort. In ogni caso, per quanto riguarda eventuali abbassamenti di temperatura, essi sono avvertiti chiaramente dalle persone anziane, che cercano di difendersi con un vestiario via via più termoisolante con lo scendere del termometro. Invece, nel caso di un aumento della temperatura ambientale di una certa entità, specialmente se graduale, è più difficile per molti accorgersi in tempo che il proprio organismo non è in grado di fare fronte all'emergenza. Le famigerate e temute "ondate di calore",

che tante vittime hanno provocato anche nel nostro Paese, sono molto pericolose proprio a causa di una minore efficienza, nelle persone anziane, del più importante sistema fisiologico di dissipazione del calore, la sudorazione. In molte persone, con l'andare del tempo, si viene a stabilire una combinazione di fattori che può avere delle conseguenze gravissime: una minore sensibilità al caldo eccessivo e una ridotta capacità di distinguere i sintomi dell'incipiente disidratazione. In pratica, molti non riescono ad accorgersi che stanno dissipando rapidamente le risorse idriche del corpo per difendersi dal caldo e vanno incontro ad uno stato di grave disidratazione e quindi di ipertermia. In mancanza di un rapido intervento, le conseguenze possono essere fatali in breve tempo. La situazione può essere ulteriormente aggravata da fattori peggiorativi, come la presenza di stati patologici più o meno gravi, oppure uno stato di debilitazione fisica o di obesità. In presenza di elevati livelli di umidità, anche mantenendo un discreto stato di idratazione, l'anziano non sarà comunque in grado di aiutare il proprio insufficiente sistema di termoregolazione per mezzo di una adeguata sudorazione, con un rapido aggravamento generale molto difficile da recuperare per tempo. In definitiva, la particolare situazione fisiologica dell'anziano, unitamente ai cambiamenti climatici che sempre più spesso assumono il carattere di notevoli e repentini sbalzi di temperatura, impongono al progettista una cura particolare nel predisporre gli impianti destinati a trattare l'aria di ambienti frequentati da persone della terza età. La temperatura di massimo benessere deve essere prevista di qualche grado superiore, rispetto a quella calcolata per la minima percentuale di insoddisfatti nella popolazione generale ma, soprattutto, deve essere posta la massima cura nel controllo dell'umidità relativa, che non deve essere mai talmente bassa da accelerare i processi di disidratazione per via respiratoria, oppure talmente alta da interferire con la dissipazione di calore per mezzo della sudorazione.

#### **La diversa sensibilità termica nella popolazione ospedaliera**

Un metodo relativamente semplice per stabilire il livello di comfort termico è quello che prevede l'espressione di un voto in una scala da 1 a 7 a seconda della

sensazione provata in determinate condizioni ambientali (1 = molto freddo, 2 = freddo, 3 = moderatamente freddo, 4 = neutro, 5 = moderatamente caldo, 6 = caldo, 7 = molto caldo – Scala ASHRAE di benessere termico). Alcuni lavori sperimentali, condotti in ambito ospedaliero, hanno permesso di confrontare il livello medio di comfort espresso da un campione di occupanti in buone condizioni di salute rispetto a quello manifestato da un gruppo di malati e/o convalescenti. In estrema sintesi, dall'analisi dei dati raccolti è emerso un minore livello medio di comfort (maggiore sensazione di freddo) da parte dei soggetti con problemi di salute ad un livello di temperatura pari a 18,5°C, ma con una sostanziale differenza nella distribuzione dei valori, nel senso che la variabilità nelle sensazioni registrate da parte dei soggetti sani è decisamente minore. Ad una temperatura di 23°C, i soggetti sani sono soddisfatti in modo ancora più omogeneo, mentre i soggetti con problemi di salute, pur essendo in media allineati con i sani, esibiscono una distribuzione di opinioni molto ampia. A 29°C, invece, la situazione si inverte: a parità di sensazione media di caldo intenso, la variabilità di opinione dei soggetti sani risulta più ampia del gruppo di confronto. Per quanto riguarda la percentuale di insoddisfatti, a 18,5°C entrambi i gruppi mostrano un 80% di insoddisfatti; a 23°C sono insoddisfatti il 20% dei sani ma solo il 10% dei non sani; a 29°C sono insoddisfatti l'80% dei sani e circa il 70% delle persone con problemi fisici.

Questi dati possono essere interpretati nel senso di una più difficoltosa termoregolazione nei soggetti malati e/o convalescenti rispetto ai sani, con una notevole variabilità all'interno del gruppo, a temperature medio-basse, dovuta essenzialmente alle differenti tipologie di infermità: inoltre, i soggetti non sani risultano invece, in modo più omogeneo, piuttosto sofferenti nei confronti delle temperature più elevate, anche se con percentuale un po' inferiore. Il suggerimento che ne consegue, nei confronti della progettazione degli impianti di condizionamento negli ospedali e nelle case di cura, potrebbe essere quello di mantenere in questi ambienti una temperatura intorno ai 23°C, controllando nel modo più efficace possibile le variazioni di umidità, che possono facilmente mettere in crisi i sistemi fisiologici di termoregolazione resi meno funzionali dalle varie infermità di cui possono soffrire i pazienti.

### **Interazione tra stati patologici e condizioni termoigrometriche particolari**

Il condizionamento dell'aria in ambito ospedaliero può assumere un ruolo molto più esteso rispetto al normale mantenimento del comfort. I pazienti affetti da determinate patologie possono trarre notevoli giovamenti dalla presenza di condizioni termoigrometriche particolari. In alcuni casi, la sopravvivenza stessa dei ricoverati è affidata al mantenimento di ben precise condizioni climatiche. Ad esempio, l'insufficienza cardiaca può determinare il mancato funzionamento del meccanismo di dissipazione del calore assicurato dal sistema circolatorio e, quindi, è assolutamente necessario proteggere questi pazienti da un eccesso di temperatura. Per alcune tipologie di pazienti, le condizioni climatiche fanno parte della terapia e, in determinate circostanze, rappresentano la principale risorsa terapeutica. Ad esempio, le persone affette da ipertiroidite non tollerano condizioni di temperatura ed umidità relativamente elevate: al contrario, un ambiente fresco e asciutto, favorendo la dissipazione del calore corporeo per irraggiamento ed evaporazione, può rappresentare un grande sollievo per questi pazienti. Le persone che soffrono di traumi al sistema nervoso centrale, o di avvelenamento da barbiturici, possono facilmente sviluppare uno stato di ipertermia, a causa del malfunzionamento dei meccanismi fisiologici di termoregolazione, anche in questi casi è indicato un ambiente fresco e asciutto. Il trattamento dell'artrite reumatoide prevede il mantenimento di un ambiente asciutto (35% U.R.) ma a temperatura decisamente elevata (32°C). In generale, vista l'importanza del livello di umidità sia dal punto di vista del benessere, sia per quanto riguarda le condizioni cliniche, in tutte le strutture ospedaliere deve essere mantenuto un valore compreso tra il 30% e il 60%, salvo le dovute eccezioni. I pazienti che soffrono di disturbi polmonari cronici, oppure i soggetti sottoposti ad ossigeno terapia o a tracheostomia devono necessariamente respirare dell'aria caldo-umida, al limite della saturazione. Anche i reparti che ospitano pazienti ustionati devono essere mantenuti in un clima caldo e umido, fino ad un limite di 32°C con il 95% di umidità relativa.

### **La diversa sensibilità termica nei bambini negli asili nido**

La conduzione di test di comfort termico su bambini molto piccoli non è per niente agevole, in quanto non si possono usare i questionari e non è possibile esporli a condizioni che possano risultare pregiudizievoli per la loro salute: per questi motivi, il metodo in genere utilizzato per valutare il benessere termico consiste nel monitoraggio della temperatura superficiale della cute, durante le normali attività, in normali ambienti ritenuti confortevoli. Nelle prove considerate, sono state misurate le temperature di mani, piedi e fronte di bambini ospitati in un asilo nido, alla temperatura dell'aria pari a 20°C e a 22°C. In particolare, sono state valutate le differenze esistenti tra bambini in culla, bambini che si muovono "gattonando" su pavimenti piastrellati, oppure in legno o gomma espansa e bambini che muovono i primi passi. I valori misurati suggeriscono che, alla temperatura dell'aria di 22°C, le temperature della cute corrispondono a quelle degli adulti in condizioni di comfort ottimale. A 20°C, invece, si è osservato un leggero ma generalizzato raffreddamento della cute, che diventa notevole per le estremità dei bambini che rimangono confinati nelle culle o nei box (in assenza di un certo livello di attività fisica, la prima reazione di difesa dell'organismo ad un abbassamento di temperatura consiste nella vasocostrizione degli arti, e quindi in un raffreddamento della cute di questi distretti). Il materiale di rivestimento dei pavimenti si è rivelato molto importante per mantenere le migliori condizioni di comfort: è intuitivo che la preferenza deve essere accordata ai materiali dotati di minore conducibilità termica (prescindendo da considerazioni che riguardano l'igiene, da valutare attentamente a parte). Se le temperature della cute dei bambini, corrispondenti al massimo comfort, possono essere considerate sovrapponibili a quelle degli adulti (dato presumibile ma non certo), la conclusione che si può trarre da questi studi è che, nel caso di bambini molto piccoli (fino a tre anni), è possibile utilizzare il metodo di calcolo per il comfort termico previsto dalla norma EN ISO 7730, a patto di contemplare un aumento di 20 Wm<sup>-2</sup> del tasso metabolico rispetto al valore riferito agli adulti.

## **Le ondate di calore o *Heat-Waves***

Dal 1976 ad oggi il trend di crescita della temperatura media dell'atmosfera terrestre è triplicato: nello stesso periodo, le temperature minime notturne sono cresciute percentualmente in misura ancora maggiore delle massime diurne. Tali dati, unitamente all'aumento della frequenza dei giorni di massima temperatura, hanno portato al manifestarsi delle ondate di calore (*Heat-Waves*), costituite dal susseguirsi di alcuni giorni caratterizzati da temperature molto alte, con scarso differenziale termico tra giorno e notte. Questi periodi rappresentano uno stress fisico di notevole entità per organismi particolarmente sensibili che, in molti casi, non riescono a fare fronte efficacemente al perdurare di condizioni climatiche così estreme. Nell'estate del 2003, delle ondate di calore particolarmente gravi si sono abbattute sull'Europa, determinando un consistente aumento della mortalità generale, scontata soprattutto dalla fascia di popolazione più anziana: nella prima quindicina di Agosto, in Francia si è avuto un aumento dell'indice di mortalità pari al 60% rispetto all'anno precedente, per un totale stimato di circa 14.800 vittime. In Italia i decessi furono circa 3.100, con un incremento del 15% rispetto al 2002. Per fare fronte a questo genere di emergenze, il nostro Paese si sta dotando di un sistema di sorveglianza (per ora attivo solo nella capitale), in grado di lanciare un allarme alla popolazione nell'approssimarsi di una ondata di calore di notevole entità.

Quali sono le misure, preventive e di emergenza, da adottare per diminuire il rischio a carico delle frazioni più sensibili della popolazione? Nei Paesi dove le ondate di calore rappresentano un evento frequente già da molto tempo, si effettuano periodicamente delle campagne informative, dispensando consigli alla popolazione a rischio: il rimedio principale suggerito, come è intuitivo, consiste nel dotarsi di condizionatori d'aria e di ventilatori. In subordine, per chi ne fosse sprovvisto, si consiglia di soggiornare per il maggior tempo possibile in ambienti a clima controllato (centri commerciali, cinema, supermercati ecc.). Tuttavia, analizzando le statistiche dei decessi del 2003, si vede che gran parte delle vittime è riconducibile ad una tipologia ben precisa, quella dell'anziano che abita

da solo, probabilmente già in precarie condizioni di salute. Questo dato deve fare riflettere, in merito alle azioni da intraprendere per scongiurare tragedie future: l'anziano lasciato a se stesso, anche disponendo dei mezzi tecnici per difendersi dalle ondate di calore, non è in grado, per la propria condizione fisica e psicologica, di reagire appropriatamente ad una ondata di calore. Per questo, è indispensabile attivare, insieme ad una migliore gestione del clima degli ambienti residenziali, un intervento di tipo sociale, basato sui legami familiari, sul vicinato, sull'assistenza pubblica. Molti decessi si sono dovuti contare anche tra soggetti anziani ricoverati in strutture ospedaliere o di residenza collettiva, che hanno mostrato drammaticamente i limiti ancora esistenti nel campo della climatizzazione di questi edifici: alcuni di essi sono risultati privi di qualunque impianto di condizionamento dell'aria, mentre, nella maggior parte dei casi, gli impianti si sono rivelati sottodimensionati ed insufficienti a fronteggiare l'emergenza. Possiamo solo augurarci che, per quanto possibile, l'accaduto possa essere di stimolo per committenti e progettisti nel considerare, con maggiore attenzione il problema delle ondate di calore, un fenomeno purtroppo destinato a ripetersi in futuro con sempre maggiore frequenza.

### **Individuare con un "indice" il livello di comfort**

L'uso di un indice di riferimento per stabilire l'entità di una situazione di comfort ambientale, può rappresentare un modo relativamente semplice per stabilire il livello di gravità in base al quale prendere determinate decisioni correttive. Il problema degli indici è che ne esistono molti, ognuno ottimizzato per determinate esigenze oppure in base ai dati ambientali tipici di particolari zone geografiche. Per questa ragione, il riferimento ad un indice deve essere attentamente valutato in tutti i suoi aspetti.

### **Indice di Thom**

L'indice di disagio proposto da Thom, "Discomfort Index" (DI), è considerato uno dei migliori indici di stima della temperatura effettiva. Quest'ultima è definita



come "un indice arbitrario" che combina, in un singolo valore, l'effetto di temperatura, umidità e movimento dell'aria sulla sensazione di caldo o freddo percepito dal corpo umano.

Questo indice è adatto per descrivere le condizioni di disagio fisiologico dovute al caldo-umido ed è sensibile in un intervallo termico compreso tra 21°C e 47°C. Al di fuori di tale intervallo, anche al variare dell'umidità relativa, l'indice attribuisce sempre la condizione fisiologica alle classi estreme, cioè "benessere" per temperature inferiori a 21°C e "stato di emergenza medica" per temperature superiori a 47°C. L'indice è calcolato mediante la seguente equazione lineare:

$$DI = 0.4 * (Ta + Tw) + 4.8$$

Ta = temperatura di bulbo asciutto (°C); Tw = temperatura di bulbo umido (°C)

Confrontando il valore di DI (°C), ottenuto dall'applicazione della formula, con i valori soglia riportati nella tabella di classificazione dell'indice, viene individuato il livello di disagio.

| DESCRIZIONE  | CLASSI            |
|--|-------------------|
| Benessere  | $DI < 21$         |
| Meno del 50% della popolazione prova un leggero disagio  | $21 \leq DI < 24$ |
| Oltre il 50% della popolazione prova un crescente disagio  | $24 \leq DI < 27$ |
| La maggioranza della popolazione prova disagio e un significativo deterioramento delle condizioni psicofisiche | $27 \leq DI < 29$ |
| Tutti provano un forte disagio   | $29 \leq DI < 32$ |
| Stato di emergenza medica, il disagio è molto forte, il rischio di colpi di calore è pericoloso ed elevato     | $DI \geq 32$      |

## RSI "Relative Strain Index" o Indice di Tensione Relativa

Il "Relative Strain Index", è un indice adatto per descrivere le condizioni di stress dovute al calore, che prende in considerazione la temperatura dell'aria (°C) e la pressione di vapore dell'aria (hPa) secondo la seguente equazione

$$RSI = (Ta - 21) / (58 - e)$$

Ta = temperatura dell'aria (°C); e = pressione di vapore dell'aria (hPa)

La pressione di vapore dell'aria, non misurata direttamente nelle stazioni meteorologiche, può essere calcolata a partire dai valori di Ta e umidità relativa. Tale indice è applicabile solo quando la temperatura dell'aria è inferiore o uguale a 35°C. E', inoltre, importante osservare che, con temperature inferiori a 26°C, anche al variare dell'umidità relativa, l'indice individua sempre la classe "Comfort".

Nella tabella sottostante sono riportati i valori soglia dell'RSI con la corrispondente descrizione delle condizioni di disagio.

| CLASSIFICAZIONE RSI                           | CLASSE RSI             |
|---|------------------------|
| Comfort                                       | $\leq 0,15$            |
| Il 25 % delle persone è a disagio             | $0,15 < RSI \leq 0,20$ |
| Tutti provano disagio                         | $0,25 < RSI \leq 0,35$ |
| Il 75 % delle persone è fortemente a disagio  | $0,35 < RSI \leq 0,45$ |
| Il 100 % delle persone è fortemente a disagio | $RSI > 0,45$           |

Nel caso di persone anziane e per individui ammalati, il valore di RSI uguale a 0,20 rappresenta la soglia oltre la quale essi possono essere soggetti a colpi di calore.

### **Indice Summer Simmer**

Si tratta di un indice adatto a descrivere le condizioni di stress da calore durante la stagione calda, che utilizza i risultati provenienti da modelli fisiologici e test umani effettuati su un periodo di oltre 75 anni dall' ASHRAE presso l'Università del Kansas. Come nel caso dell'equazione per determinare l'Indice di Calore, anche nell'equazione utilizzata per calcolare il SSI è richiesta la temperatura in °F. E' quindi necessario trasformare i valori della temperatura da °C in °F attraverso la formula di conversione già riportata. A questo punto è possibile applicare la formula per la determinazione del valore dell'indice, da confrontare con i valori soglia dello stesso, corrispondenti a differenti livelli di disagio.

$$SSI = 1.98 * (Ta - (0.55 - 0.0055 * (UR))) * (Ta - 58)) - 56.83$$

Ta = temperatura dell'aria (°F); UR = umidità relativa (%)

Tale indice è applicabile quando la temperatura è superiore o uguale a 22°C ed è sensibile fino ad una temperatura di 53°C, oltre la quale, anche variando l'umidità relativa, l'indice individua sempre il valore massimo della classificazione, cioè "estremamente caldo".

| CATEGORIE          | SUMMER SIMMER INDEX (°F) | EFFETTI  |
|--------------------|--------------------------|--|
| LEggermente FRESCO | $70 \leq SSI < 77$       | La maggior parte delle persone sono a proprio agio anche se è leggermente fresco   |
| CONFORTEVOLE       | $77 \leq SSI < 83$       | Quasi tutti sono in condizioni confortevoli  |
| LEggermente CALDO  | $83 \leq SSI < 91$       | La maggior parte delle persone sono a proprio agio anche se è leggermente caldo  |
| CALDO              | $91 \leq SSI < 100$      | Si avverte un aumento del disagio  |
| MEDIAMENTE CALDO   | $100 \leq SSI < 112$     | Disagio significativo. Esiste il pericolo di colpo di sole e spossatezza da calore in seguito a prolungata esposizione al sole e/o attività fisica |
| MOLTO CALDO        | $112 \leq SSI < 125$     | Disagio elevato. Tutti sono a disagio. Esiste il pericolo di colpo di calore   |
| ESTREMAMENTE CALDO | $125 \leq SSI < 150$     | Disagio massimo. Elevato pericolo di colpo di calore, soprattutto per le persone più deboli, gli anziani e anche i bambini più piccoli             |

## Indice Humidex

È uno degli indici utilizzati per valutare il benessere climatico dell'uomo in relazione all'umidità ed alla temperatura, in base a una semplice relazione empirica che prende in considerazione la temperatura dell'aria e la tensione di vapore.

$$H = T_a + (0.5555 * (e - 10))$$

$T_a$  = temperatura dell'aria (°C);  $e$  = pressione di vapore (hPa).

L'equazione che consente di calcolare l'indice Humidex (H), individua diversi gradi di stress da calore descritti nella seguente tabella.

| CATEGORIE        | HUMIDEX (°C)     | EFFETTI   |
|------------------|------------------|---|
| Benessere        | $H < 27$         | Tutti sono a proprio agio.  |
| Cautela          | $27 \leq H < 30$ | Leggero disagio. Possibile affaticamento in seguito a prolungata esposizione al sole e/o attività fisica.   |
| Estrema cautela  | $30 \leq H < 40$ | Disagio. Possibile colpo di calore, possibile spossatezza e crampi da calore in seguito a prolungata esposizione al sole e/o attività fisica.   |
| Pericolo         | $40 \leq H < 55$ | Grande disagio. Evitare sforzi. Cercare un luogo fresco ed in ombra. Probabili crampi o spossatezza da calore. Possibile colpo di calore in seguito a prolungata esposizione al sole e/o attività fisica. |
| Elevato pericolo | $H \geq 55$      | Imminente colpo di calore.  |

E' importante osservare che tale indice è sensibile in un intervallo di temperatura compreso tra 20° e 55°C. Al di fuori di tale intervallo, anche al variare dell'umidità relativa, l'indice individua sempre le classi estreme, cioè "benessere" per temperature inferiori a 20°C ed "elevato pericolo" per temperature superiori a 55°C.

[www.driaclima.com](http://www.driaclima.com)

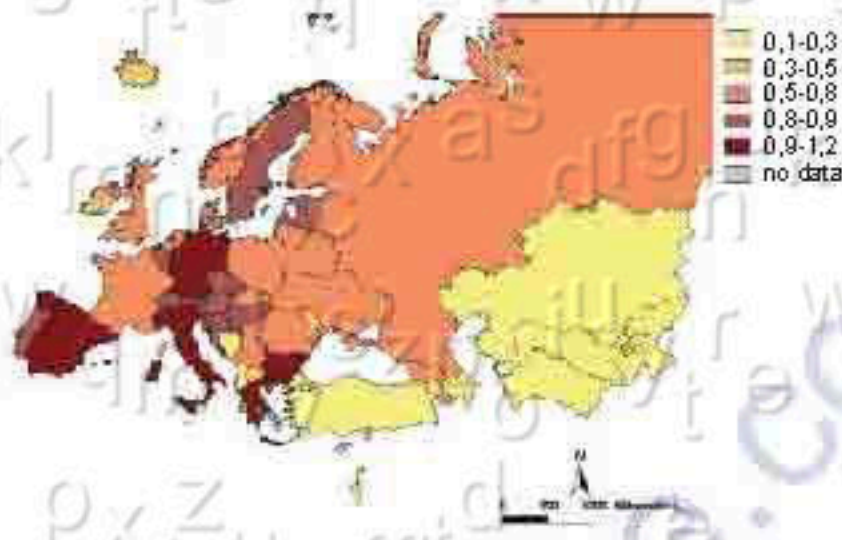


Figura 14 - Indice di invecchiamento della popolazione europea.

Rapporto tra la fascia di popolazione oltre i 65 anni di età e i giovani di età inferiore ai 14 anni: l'Italia si trova nel gruppo caratterizzato dai valori più elevati. Le cause sono riconducibili ad un basso indice di natalità, all'allungamento della vita media e ad una relativamente bassa percentuale di immigrazione "giovane" rispetto ad altri Paesi come Francia ed Inghilterra.

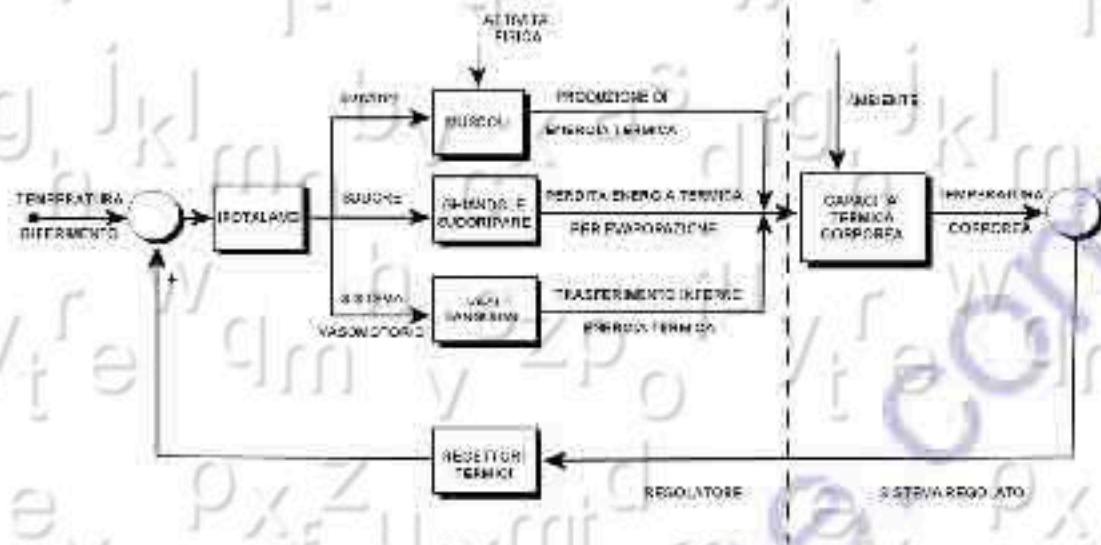


Figura 2 – Meccanismo fisiologico di regolazione della temperatura corporea.

Il mantenimento della temperatura corporea ad un livello ottimale si ottiene attraverso un sofisticato sistema di regolazione: nel sistema nervoso centrale (ipotalamo) risiede un termostato estremamente sensibile, in grado di stimolare vari sistemi di produzione o di dissipazione di energia termica, in base alla risposta di vari recettori di temperatura variamente disposti (soprattutto recettori termici cutanei, in unione a recettori dedicati al controllo della temperatura del circolo sanguigno). Il funzionamento ottimale di questo sistema dipende da una moltitudine di fattori, alcuni dei quali dipendono dall'età, dalla forma fisica, dal livello di metabolismo basale, dalla presenza di determinati stati patologici: in ampi strati della popolazione la regolazione dell'omeotermia è più limitata e difficoltosa della media. Questo fatto può comportare delle conseguenze notevoli sulle sensazioni legate al benessere termico: per motivi diversi, anziani, bambini ed individui debilitati soffrono maggiormente le escursioni termiche ed igrometriche e posseggono una minore capacità di adattamento.



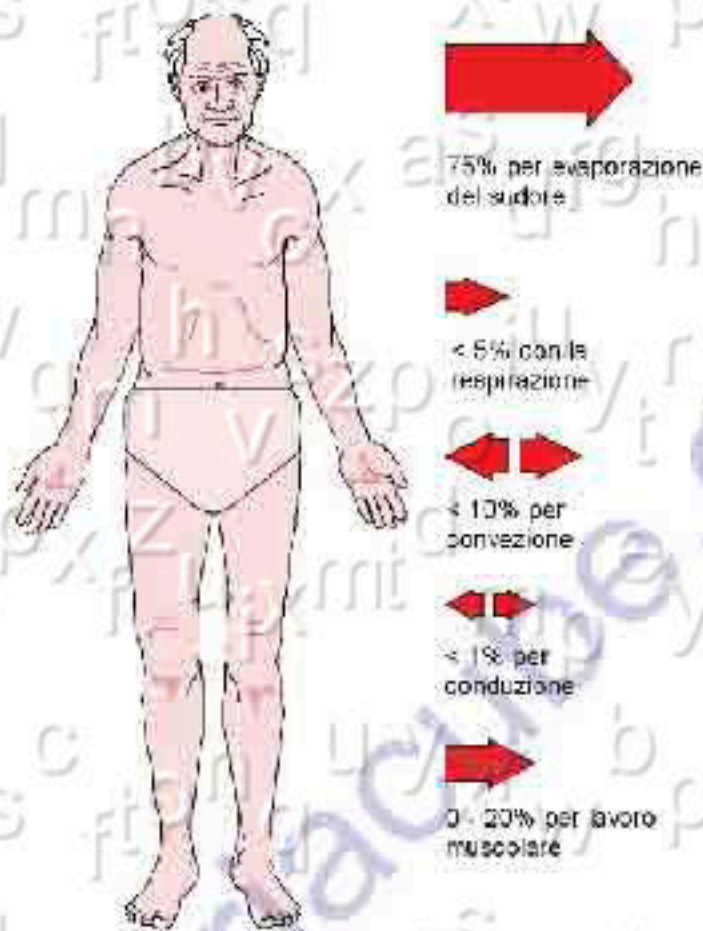


Figura 3 – Scambi di calore tra corpo umano ed ambiente.

Quando corpo e ambiente sono in equilibrio termico, si ha una situazione di comfort soddisfacente: quando la temperatura dell'ambiente si abbassa, l'organismo mette in atto alcune strategie per limitare la dissipazione di calore. Tuttavia, gran parte delle difese sono rappresentate da interventi non fisiologici (più scende la temperatura e più ci copriamo con indumenti pesanti). Nel caso opposto, invece, di un aumento della temperatura ambientale, l'organismo dispone di un meccanismo fisiologico molto efficace per la dissipazione di calore, l'evaporazione del sudore (a patto di avere una umidità dell'aria non troppo elevata). Nelle persone anziane, questo meccanismo può essere facilmente messo in crisi, soprattutto a causa di una ridotta sensibilità ai sintomi della disidratazione. Le risorse idriche si esauriscono rapidamente e l'anziano si trova presto esposto ad una crescente ipertermia, che può avere un esito fatale se non si interviene tempestivamente con misure correttive. Per questo è molto importante, negli ambienti occupati da persone anziane, tenere sotto controllo gli eccessi di temperatura e di umidità.

| Parametri ambientali     | Effetti sul bilancio termico dell'organismo                                  | Meccanismo d'azione   |
|--------------------------|--|---|
| Temperatura dell'aria    | $T_{\text{pelle}} > T_{\text{aria}}$<br>$T_{\text{pelle}} < T_{\text{aria}}$ | perdita (o) come flusso di calore verso l'ambiente<br>assorbimento (o) come flusso di calore dall'ambiente  |
| Calore radiante          | scambio di calore radiante tra pelle e ambiente                              | All'aperto, grazie all'azione del sole, si può essere insensibilmente a calore radiante dall'ambiente alla cute; al chiuso in genere il flusso di calore radiante è inerte  |
| Temperature superficiali | Scambio di calore per irradiazione   | Passaggio di flussi di calore per contatto  |
| Umidità dell'aria        | Perdita o guadagno di calore evaporativo                                     | La quantità di umidità nell'aria determina l'evaporazione dell'umidità superficiale del corpo (sudore) nell'aria o viceversa. L'evaporazione del sudore rappresenta la via principale di dissipazione del calore in eccesso dell'organismo. |
| Velocità dell'aria       | Convezione ed evaporazione   | Lo scambio di calore aumenta con l'aumentare della velocità   |

Tabella 1 – Effetti dei parametri ambientali sul bilancio termico dell'organismo

Tra ambiente ed organismo il calore viene scambiato attraverso una serie di meccanismi diversi: ognuno di questi possiede una diretta influenza sullo stato di comfort. Umidità e velocità dell'aria, da soli o in combinazione tra loro, possono influenzare fortemente le sensazioni termiche legate ad una certa temperatura assoluta, influenzando il rendimento del principale meccanismo di dissipazione di calore dell'organismo, l'evaporazione del sudore. Le persone che per vari motivi possiedono una ridotta capacità di sudare, magari in seguito ad uno stato di disidratazione, soffrono maggiormente le temperature elevate.

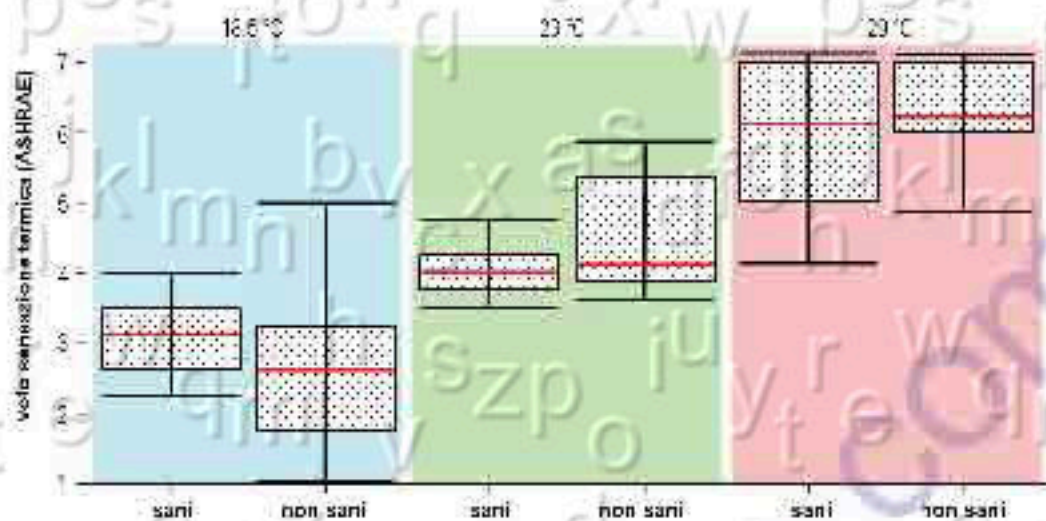


Figura 4 – Sensibilità termica a confronto, tra soggetti sani e pazienti, in una struttura ospedaliera.

Scala ASHRAE di sensibilità (1 = molto freddo, 2 = freddo, 3 = moderatamente freddo, 4 = neutro, 5 = moderatamente caldo, 6 = caldo, 7 = molto caldo)

L'area punteggiata corrisponde al 50% delle risposte, la linea rossa rappresenta il valore mediano e le barre a T racchiudono l'intero spettro di variabilità delle risposte.

I soggetti malati e/o convalescenti mostrano a 18,5°C e a 23°C una variabilità decisamente ampia nelle risposte, un fenomeno dovuto alla scarsa efficienza del sistema di termoregolazione alterato dallo stato patologico dei pazienti: in alcuni soggetti, anche la stessa sensibilità termica può risultare abnorme. Ad una temperatura maggiore (29°C), si assiste ad una certa "compressione" del campo di variabilità nel gruppo dei pazienti, dovuto alla minore capacità di contrastare l'aumento di temperatura rispetto ai soggetti sani, con l'insorgere di uno stato di malessere diffuso, al di là della mera sensazione termica.

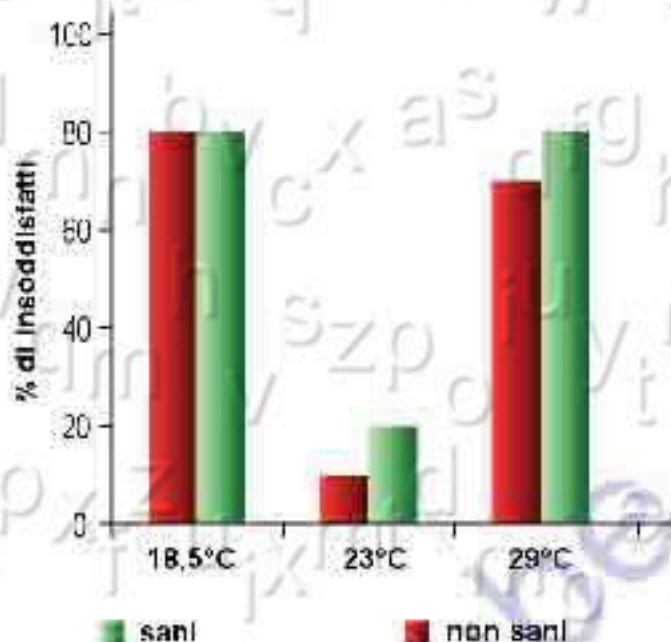


Figura 5 - Percentuale di insoddisfatti a confronto, tra soggetti sani e pazienti, in una struttura ospedaliera.

In base alle condizioni ambientali rilevate durante i test, applicando il metodo di calcolo contenuto nella ISO 7730, le percentuali attese PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) erano del 50% per 18,5°C e 29°C; del 5% per 23°C. Evidentemente, i gruppi di occupanti presi in esame non coincidono con la platea usata per mettere a punto la norma (il metodo fu ideato da Fanger nel 1970 usando degli studenti universitari volontari). Ad ogni modo, i soggetti più sensibili, in questo caso i pazienti, sono quelli che si avvicinano di più al valore atteso, mostrando un minimo del 10% di insoddisfatti a 23°C.

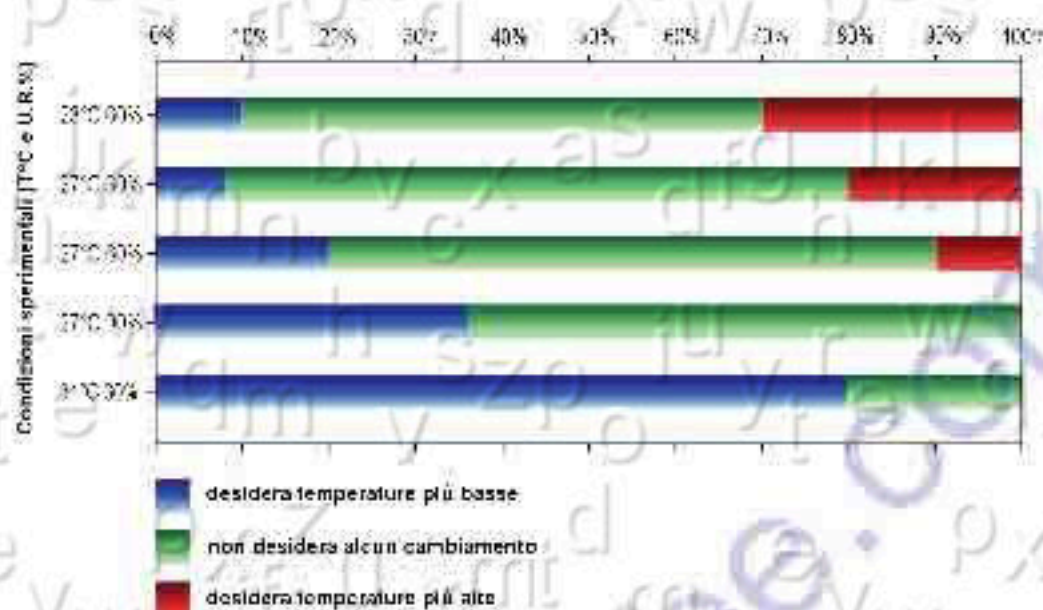


Figura 6 – Ruolo dell'umidità sul livello di comfort termico.

In questo grafico, che riporta i dati di un lavoro sperimentale effettuato su anziani ospitati in una casa di cura, emerge chiaramente il ruolo dell'umidità nell'influencare, a parità di temperatura, le sensazioni termiche. Questo fatto sottolinea l'importanza del controllo dell'umidità per garantire le migliori condizioni di benessere alle persone con ridotte capacità di termoregolazione.



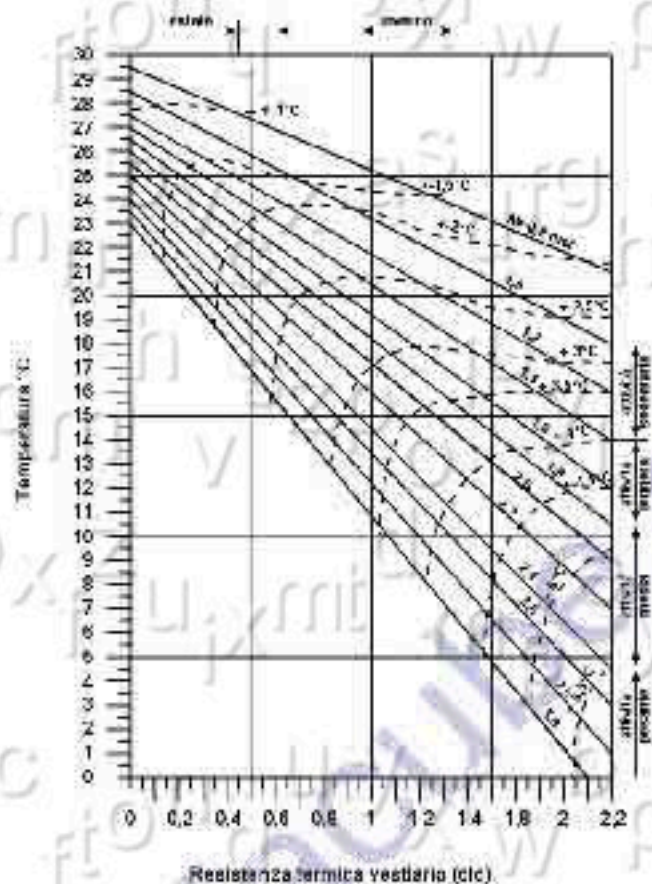


Figura 7 – Diagramma del benessere termico, tracciato secondo la teoria di Fanger.

Le curve a tratto continuo rappresentano le condizioni ottimali di benessere, in relazione alla temperatura, al livello di attività fisica (met) e al potere termoisolante degli abiti indossati (clo); le curve tratteggiate indicano lo scostamento possibile dal valore ottimale della temperatura operativa, restando comunque in una zona accettabile di benessere ( $-0,5 \leq PMV \leq 0,5$ ). Il diagramma, riferendosi a persone giovani e sane, deve essere considerato con le dovute cautele nel caso di ambienti che possono ospitare gruppi particolarmente sensibili; inoltre, occorre valutare attentamente tutte le variabili in gioco, come ad esempio la tipologia e i materiali di arredamento, l'efficienza di ventilazione, i gradienti di temperatura orizzontali e verticali ecc.



Figura 8 – Apparecchio per la verifica ambientale del livello di comfort termico. Nei casi più delicati ed impegnativi, a volte è necessario verificare sul campo l'attendibilità del calcolo predittivo del comfort termico: poiché si tratta di verifiche complesse, è necessario disporre di attrezzature all'altezza del compito, insieme ad una collaudata padronanza delle metodologie di prova.



#### **Normativa di riferimento per il comfort termico**

Fino all'anno 1995 la norma di riferimento è stata la UNI 5104 "Impianti di condizionamento dell'aria..." sostituita in seguito dalla UNI 10339 "Impianti aereaulici a fini di benessere...", attualmente in fase di revisione e, da quest'anno, affiancata dalla norma europea EN 13779 "Ventilation for non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems", per quanto riguarda il comfort termico, la UNI 10339 e la EN 13779 si riferiscono in gran parte alla norma EN ISO 7730 "Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specifications of the conditions for thermal comfort".

La norma UNI 10339 contempla la possibilità di impostare dei parametri di progetto particolari, al fine di assicurare il comfort termico in una serie di ambienti, (ospedali, case di cura, scuole materne ecc.) che si suppongono frequentati da gruppi di popolazione particolarmente sensibili. In tali casi, prescrive l'uso della procedura di calcolo descritta nella ISO 7730, imponendo una percentuale massima prevista di insoddisfatti non superiore al 10%.