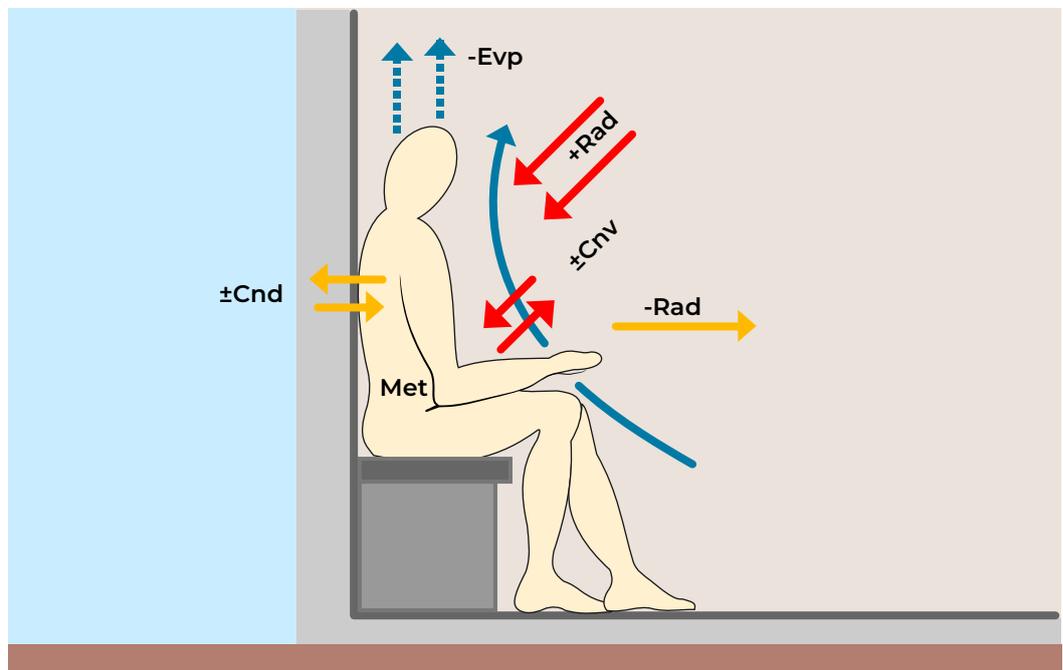


# I RIFERIMENTI LEGISLATIVI PER LA PROGETTAZIONE E LA RIGENERAZIONE COMFORT

## Il comfort tra percezione e misura

A cura della commissione Sostenibilità ambientale CNGeGL



## INDICE

### PARTE I

Premessa	2
Comfort ambientale e benessere termoigrometrico	2
La misurazione del comfort: parametri ambientali e personali	2
Gli studi e le teorie di Pol Ole Fanger	3
L'attività metabolica	3
L'indice di benessere termoigrometrico	3
L'evoluzione degli studi e il "comfort adattivo"	4
<b>Riferimenti normativi</b>	<b>6</b>
<b>Riferimenti bibliografici</b>	<b>6</b>

## Premessa

L'essere umano trascorre il 95% del suo tempo in spazi confinati e solo il 5% in spazi aperti: una riflessione che si traduce in una vera e propria **assunzione di responsabilità da parte dei tecnici progettisti**, chiamati a garantire una elevata qualità indoor affinché le persone possano abitare e lavorare in una situazione di benessere. Un compito, sia chiaro, tutt'altro che facile: valga su tutto la duplice considerazione che la **percezione del benessere è in larga parte soggettiva**, e che l'**efficienza energetica del corpo umano non supera mai il 20%**. Normalmente, infatti, è prossima allo zero: le perdite per conduzione (generate, ad esempio, dal contatto dei piedi e delle mani, o dallo stare seduti) o per respirazione sono insignificanti, mentre quelle per irraggiamento e convezione sono dell'ordine del 70%.

## Comfort ambientale e benessere termoigrometrico

Stare bene in un ambiente è una sensazione che proviamo quando **tutto quello che ci circonda è in armonia con noi stessi**; questa armonia è un insieme di **fattori qualitativi e quantitativi** che sappiamo bene essere complicati da valutare in quanto influenzati dalle diverse sensazioni individuali, ma passibili comunque di essere ricondotti ad alcune utili **definizioni**.

Si definisce **comfort ambientale** "quella particolare condizione di benessere determinata dalle percezioni sensoriali di un individuo inserito in un ambiente"; nella definizione dell'American Society of Heating Ventilation and Air-conditioning Engineers (ASHRAE), il **benessere termoigrometrico** (o **thermal comfort**) è "quel particolare stato della mente che esprime soddisfazione con l'ambiente circostante".

Ai fini della corretta valutazione in termini **quantitativi**, oltre che **qualitativi**, a questo approccio di natura prevalentemente psicologico e soggettivo è possibile affiancare una serie di considerazioni di carattere **tecnico**, basate sul **bilancio termico dell'individuo** e, conseguentemente, sulla **valutazione di tutti gli scambi termici** da e verso la persona.

## La misurazione del comfort: parametri ambientali e personali

Possiamo dire che **una persona è in condizioni di comfort quando l'energia ricevuta è uguale a quella ceduta**; la sua misurazione avviene in base a specifici **parametri ambientali e personali**.

Fra i **parametri ambientali** e i loro valori ottimali possiamo elencare:

- Temperatura invernale  $T = 18-22$  °C
- Temperatura estiva  $T = 24-28$  °C
- Temperatura media radiante  $TMR = 20$ °C (media delle temperature, espresse in °C, delle pareti interne all'ambiente, compresi il soffitto e il pavimento)
- Umidità Relativa  $UR = 40-60\%$
- Velocità dell'aria  $V < 0,5$  m/s

I **parametri personali** saranno invece riconducibili a condizioni:

- **biologico/fisiologiche** quali: fattori ereditari, età, sesso, stato di salute;
- **sociologico/culturali** quali: classe sociale, educazione, ambiente familiare, mode, alimentazione;
- **psicologiche**.

## Gli studi e le teorie di Pol Ole Fanger

Nel tentativo di mettere in ordine tutti questi parametri, negli anni Sessanta il danese **Povl Ole Fanger** (docente presso il Centro internazionale per l'ambiente interno e l'energia dell'Università tecnica della Danimarca), definì la seguente equazione:

$$\text{Met} - \text{Evp} \pm \text{Cnd} \pm \text{Cnv} \pm \text{Rad} = 0$$

dove:

**Met** = metabolismo basale e muscolare

**Evp** = evaporazione (sudorazione, traspirazione, respirazione, eccetera)

**Cnd** = conduzione (contatto con corpi a diversa temperatura)

**Cnv** = convezione (con aria più calda o più fredda della pelle)

**Rad** = radiazione (dal sole, dal cielo e da corpi a diversa temperatura)

Questo modello di studi si basa:

- sulle **variabili ambientali** della temperatura dell'aria, della velocità dell'aria, dell'umidità relativa e della temperatura media radiante;
- sulle **variabili fisiologiche** della temperatura della pelle e della potenza termica emessa per sudorazione;
- sulle **variabili individuali** dell'attività metabolica e della resistenza termica dell'abbigliamento.

### L'attività metabolica

L'attività metabolica di un individuo è la **trasformazione dell'energia chimica prodotta dall'assunzione del cibo in energia termica**; la **potenza metabolica** è riferita all'unità di superficie corporea  $\text{W/m}^2$  normalmente, l'attività metabolica di un individuo è espressa in **Met** (1 Met corrisponde a  $58,2 \text{ W/m}^2$ ).

I **valori Met per diverse attività fisiche** sono indicati nella **norma UNI EN ISO 7730**; riportiamo di seguito alcuni esempi:

- attività sedentarie (ufficio, abitazione, scuola, laboratorio): 1,2 Met;
- attività medie in piedi (lavori domestici): 2,0 Met;
- lavoro manuale per la preparazione di un orto: 6,5 Met.

Il **fattore "vestiario"** è stato definito con una unità incoerente il Clo (1 Clo =  $0,155 \text{ m}^2\text{K/W}$ ) ed è pari alla **resistenza termica di un abito europeo di mezza stagione**: a titolo esemplificativo, un abbigliamento tipicamente estivo formato da slip, maglietta, pantaloncini, calzini leggeri e sandali ci porta ad ottenere un Clo pari a 0,30.

Riprendendo quindi le fila del modello di Fanger, la temperatura di comfort per un operaio in un'officina vestito con la tuta da lavoro (Clo = 0,8), che svolge lavori di riparazione di un'auto (2,2 Met) in un ambiente con un RH (Umidità Relativa) al 50% è di  $T_c = 18^\circ\text{C}$ .

### L'indice di benessere termoigrometrico

Le **relazioni tra il funzionamento del corpo umano e la sensazione di benessere termico** possono essere valutate attraverso due indici di benessere termoigrometrico: il **PMV** (Predicted Mean Vote) e il **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied).

- Il **PMV** (conosciuto anche come Voto Medio Previsto) è una funzione matematica che dà come risultato un valore numerico su una scala con range da -3 (indice di sensazione di troppo freddo) a +3 (indice di sensazione di troppo caldo), dove lo zero rappresenta lo stato di benessere termico. Essendo un indice medio riferito ad un gruppo di individui, il raggiungimento del PMV pari a zero non significa che l'intero gruppo ha raggiunto le condizioni di benessere. Il calcolo dell'indice PMV è richiesto nel **protocollo di sostenibilità Prassi UNI PdR 13 - 2019**, unitamente al **criterio D.3.1** - che affronta il comfort termico estivo in ambienti climatizzati - e al **criterio D.3.3**, che analizza il comfort termico invernale.
- Il **PPD**, invece, esprime la percentuale di persone insoddisfatte in un determinato ambiente (posto che si accetti il 5% convenzionale di persone comunque insoddisfatte).

Il comfort, tuttavia, è influenzato anche da altri fattori, indicati come **disagi locali**: le correnti d'aria, l'asimmetria radiativa (soffitto caldo, pareti fredde), il gradiente termico verticale (differenza di temperatura tra la testa e la caviglia) o l'intervallo di temperatura del pavimento; la **norma UNI EN ISO 7730** propone una classificazione degli ambienti termici in tre categorie - A, B e C - individuando specifici valori dei parametri PPD, PMV e dei disagi locali, da soddisfare contemporaneamente.

### L'evoluzione degli studi e il “comfort adattivo”

Il metodo di Fanger è lo standard attualmente predominante, ma non è l'unico: il comfort ambientale è stato affrontato – tra gli altri - anche da un pioniere della bioclimatica quale l'ungherese **Victor Olgyay** e dall'israeliano **Baruch Givoni**.

Alla base dei rispettivi studi: la relazione tra la temperatura e l'umidità relativa per Olgyay (**cf. diagramma 1**) e quella tra il tipo di attività svolta e il relativo abbigliamento adottato per Givoni, individuando il perimetro della zona di benessere termico come il luogo dei fattori climatici ambientali entro il quale la sensazione termica è giudicata confortevole da oltre l'80% delle persone (**cf. diagramma 2**).

Diagramma 1

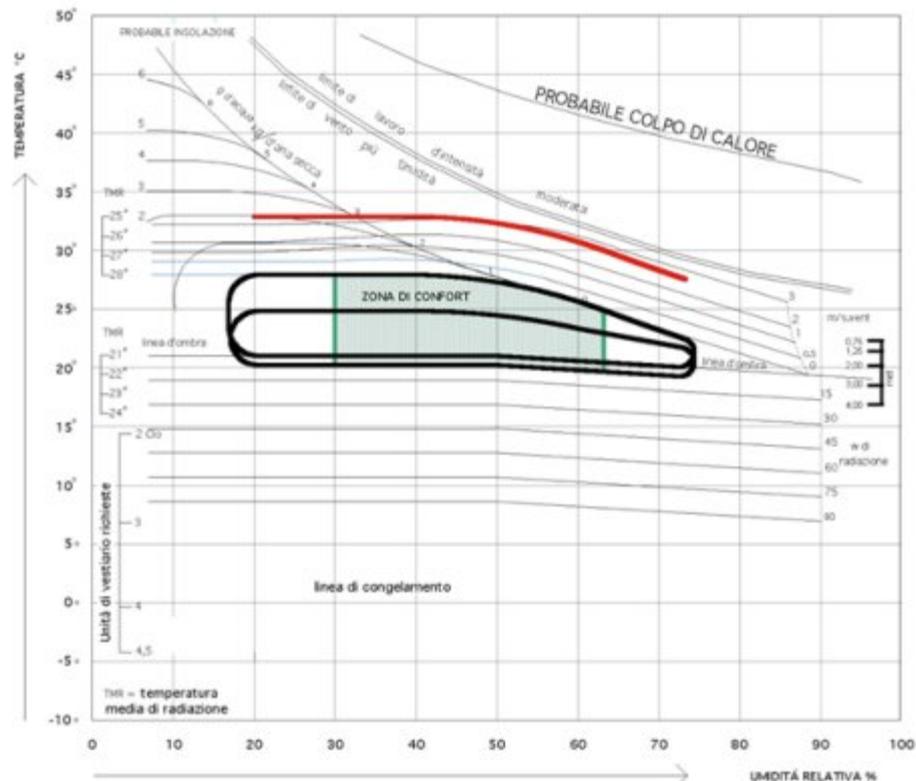
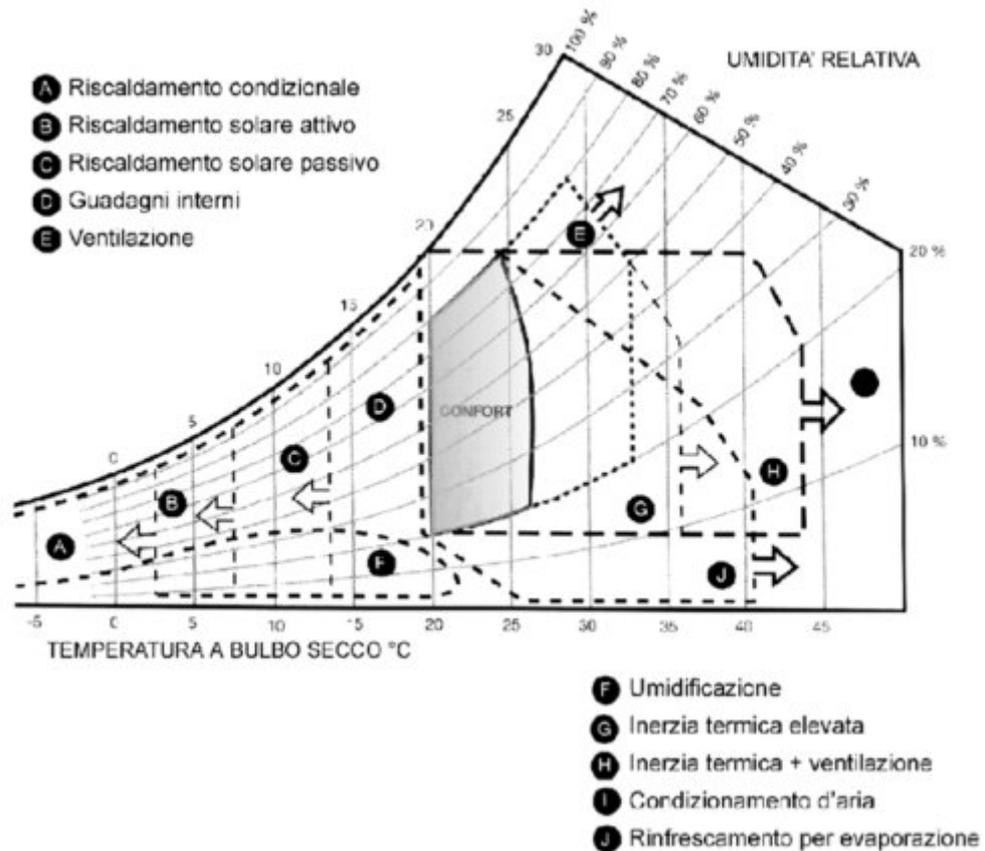


Diagramma 2



Anche grazie a questi (ed altri contributi) si è osservato che **molto spesso gli individui sono più tolleranti dei livelli indicati da Fanger**, ragion per cui si sta introducendo, a livello europeo, **il nuovo standard "Comfort adattivo"**, che permette di ottenere comunque un elevato livello di comfort, ma a costi molto inferiori. Questo metodo, che deriva dalla norma ASHRAE, somma ai criteri di analisi sin qui descritti anche la valutazione degli aspetti comportamentali, fisiologici e psicologici.

Del resto, appare sempre più evidente come **la valutazione del comfort non dovrebbe essere limitata al solo aspetto termico**, ma dovrebbe analizzare anche altri aspetti, e in particolare quelli contemplati dalla **"Sick Building Syndrome"** (ossia l'insieme dei sintomi non riconducibili a cause specifiche, ma alla permanenza in ambiente costruito malsano), alla **"Building Related Illness"** (le patologie riconducibili a specifiche cause e contaminanti presenti in ambiente costruito malsano), e al **"Multiple Chemical Sensitivities"**, la sindrome multi sistemica di intolleranza ambientale - parziale o totale - a sostanze chimiche (Rapporto OMS 1984).

A ciò si aggiunga, infine, la valutazione della **qualità dell'illuminazione**, la cura contro l'**inquinamento acustico**, la **percezione dei volumi e degli spazi** fino ad arrivare alla **percezione del colore nello spazio**, unitamente alla **prossemica** e all'**antropologia dello spazio**, utili anche come spunti di riflessione.

## Riferimenti normativi

**Criteri Ambientali Minimi (CAM) Decreto 11 ottobre 2017 2.3.5.6** Comfort acustico e 2.3.5.7 Comfort termo-igrometrico.

**Protocollo ITACA UNI PdR 13.1:2019 e UNI PdR 13.2:2019** Sistema di analisi multicriteriale per la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici.

**UNI EN ISO 7730 (febbraio 2006, corretta 2 marzo 2017)** Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.

**UNI EN 15251 (febbraio 2008)** Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.

**ASHRAE 55 (ASHRAE, 2004)** "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy"  
"That condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment and is assessed by subjective evaluation." Attuale revisione ASHRAE 55 2020.

## Riferimenti bibliografici

Uwe Wienke, "Aria, calore, luce. Il comfort ambientale negli edifici", Editore DEI.

Alessandro Rogora e Valentina Dessi (a cura di), "Il comfort ambientale negli spazi aperti", EdicomEdizioni.