

PROGETTARE
IL COMFORT
RADIANTE

PIÙ QUALITÀ AL
CLIMA



PIÙ VALORE AL
BENESSERE



INDICE

1.

IL COMFORT IDEALE

Clima perfetto in ogni stagione, comfort puro e semplice tutto l'anno

Il comfort a 360°	7
Il comfort termico	12
La qualità dell'aria indoor	24
L'illuminazione negli ambienti professionali e residenziali	38
Isolamento acustico e comfort abitativo	48
La classificazione dell'ambiente interno.....	58

2.

LA BUONA PROGETTAZIONE

Indicazioni normative e scelte progettuali per un comfort abitativo sostenibile

Comfort abitativo o efficienza energetica?	66
Efficienza energetica dell'involucro.....	70
Normative di riferimento per la progettazione energetica degli edifici.....	90
Impianti per il riscaldamento e il condizionamento	106
Impianti di riscaldamento radiante a bassa differenza di temperatura.....	116
Componenti dell'impianto radiante: guida alla scelta	158
Impianti di ventilazione meccanica e trattamento dell'aria.....	172
Progettazione antisismica dei controsoffitti	198
Progettazione acustica: normative e criticità.....	220
Dal risparmio energetico alla certificazione della sostenibilità.....	250
Rivoluzione BIM.....	260

3.

SISTEMI RADIANTI

SISTEMI RADIANTI A PAVIMENTO 266

Euroflex Extra	272	Europlus-flex	300
Euroflex TF	276	Europlus-ten	304
Euroflex TF acoustic	280	Europlus-acoustic	308
Euroflex	282	Ecoplus	312
Eurosuper	288	Eurogrid	320
Europlus-lambda	292	Euroindustry	324
Europlus-silentium	296	Euroslim	328
		Euromax	332

SISTEMI RADIANTI A SOFFITTO 364

Leonardo 10	372
Leonardo 5,5 5,5 idro	373
Leonardo Lux	374
Leonardo 3,5 3,5 idro	375
Leonardo 3,5 alta resa	376
Leonardo RF	377
Soffitto acustico	382
Soffitto acustico alta resa	383
Soffitto SAPP	420
Soffitto EASY-KLIMA	432

DISTRIBUZIONE 470

Tubazione Midix	470
Collettore SL	471
Collettore Elite Black-Line	473
Collettore SF	474
Collettore Industriale N	475
Cassetta a murare 80 N	476
Cassetta a murare 110 N	477
Cassetta da esterno	478

TRATTAMENTO ARIA 508

Deuclima-VMC senza compressore	514	DCR 1000 2000	532
Deuclima-VMC con compressore	516	Ecoclima D DC	538
Deuclima-VMC verticale 300 V 500 V	518	Deumidificatori	542
Deuclima-VMC DEU-REC 450 S	522	Deu-climatizzatori	544
VMC 120 SV 240 SV	526		

SISTEMA RADIANTE A PARETE 446

Leonardo parete	446
-----------------	-----

SISTEMA RADIANTE ZEROMAX® 448

Zeromax, Zeromax R, Zeromax G, Zeromax M	448
--	-----

REGOLAZIONE 481

Punto fisso verticale	481
Nuova Compamat	482
Command Mix SL	484
Command Mix	485
Command Duo SL N	486
Command Duo Elite Black-Line	487
Command Duo SF	488

SMARTCOMFORT 365 489

SmartComfort 365 N	490
SmartOne 365 N	495
Comfort	504



CLIMA PERFETTO IN OGNI STAGIONE, COMFORT PURO E SEMPLICE TUTTO L'ANNO

Il clima indoor è un fattore primario per il benessere. Un fattore che incide sulle prestazioni psico-fisiche, aiutando le persone a sentirsi concentrate e in forma. Un fattore che incide sulla spesa energetica di famiglie e aziende. Un fattore che è possibile gestire e ottimizzare in maniera intelligente. Come? Partendo dal presupposto che il benessere climatico negli ambienti della vita quotidiana è un obiettivo pienamente raggiungibile operando le corrette scelte progettuali.

Ma a cosa ci riferiamo quando parliamo di "benessere climatico"? In estrema sintesi, questa condizione si può descrivere come lo stato di piena soddisfazione verso l'ambiente in cui si vive o si lavora. Soddisfazione che deriva da un microclima ottimale sotto il punto di vista di temperatura, umidità e ventilazione, ovvero di quei parametri che condizionano lo scambio termico tra individuo e ambiente.

Il primo passo verso il comfort a 360 gradi consiste dunque nel creare le condizioni affinché questi parametri restino circoscritti all'interno del range di valori indicato dal Ministero della Salute. Il secondo passo consiste nell'accurata valutazione del sistema di riscaldamento e raffrescamento da installare.

CONDIZIONI MICROCLIMATICHE OTTIMALI

Stagione	Temperatura dell'aria	Umidità relativa	Velocità dell'aria
INVERNO	19-22°C	40-50%	0,01- 0,1 m/s
ESTATE	24-26°C	50-60%	0,1- 0,2 m/s

È TROPPO **CALDO**?

È TROPPO **FREDDO**?

È TROPPO **UMIDO**?

QUANDO LA RISPOSTA A QUESTE
DOMANDE È **NO**, STIAMO VIVENDO
UNA SITUAZIONE DI **BENESSERE TOTALE**.

La considerazione che deve spingere verso il radiante parte da una semplice analisi dei plus di questi sistemi, che riescono, e questo è un fatto, a rispondere in maniera efficace al desiderio di benessere delle persone. "Stare bene a casa e in ufficio" è un'affermazione che racchiude una molteplicità di significati, ma che senz'altro non può realizzarsi in presenza di condizioni climatiche avverse. È infatti dimostrato che un clima salubre all'interno degli ambienti contribuisce in maniera significativa al miglioramento della qualità della vita. Ne traggono beneficio la sfera fisica, con una maggiore percezione di energia, e la sfera mentale, agevolata nella concentrazione. E diventa tangibile quella sensazione, altrimenti invisibile, di benessere totale, che accompagna l'individuo nello svolgimento delle sue mansioni quotidiane senza sovraccaricarlo con il peso di un cattivo clima o dell'inquinamento indoor. Il profilo chimico dell'aria è infatti un altro dei fattori che concorre al raggiungimento del benessere e anche su quest'ultimo è possibile intervenire positivamente, soprattutto negli ambienti del terziario.

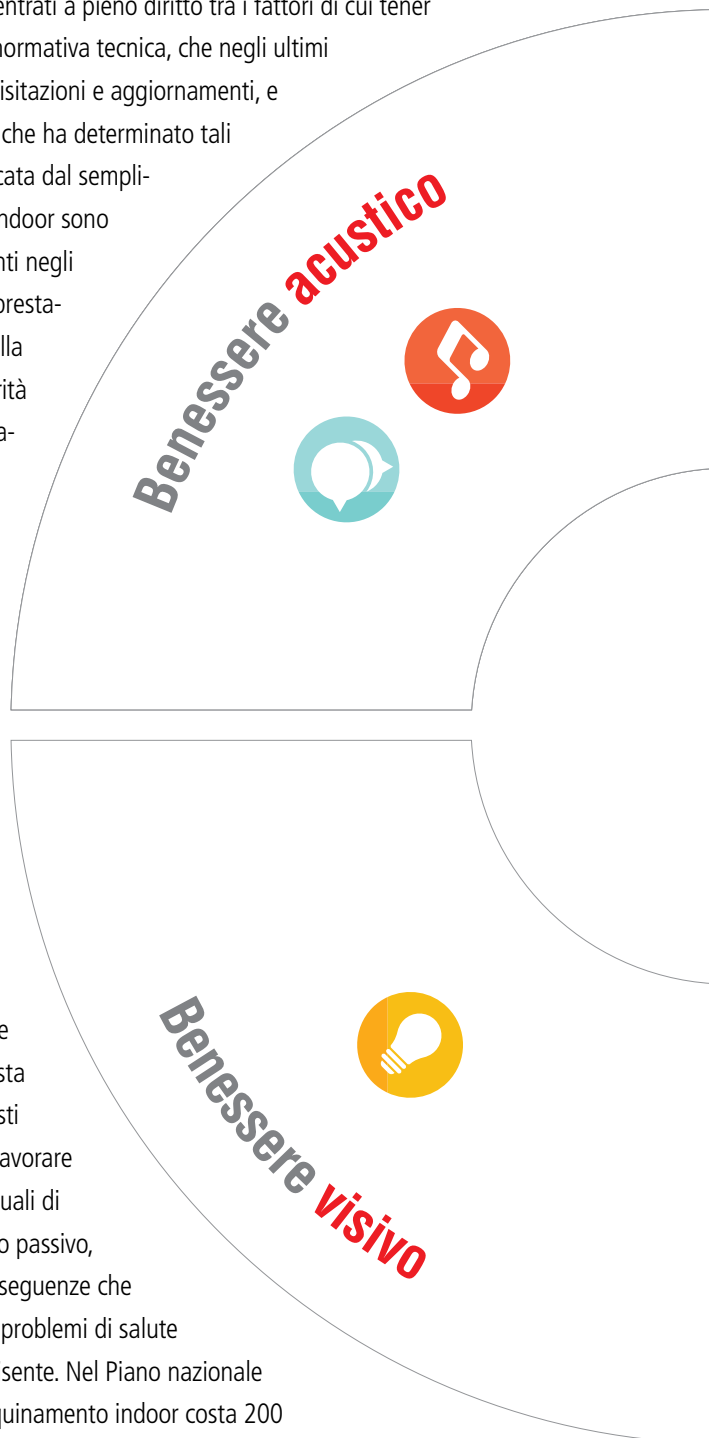
In conclusione, clima e benessere sono due aspetti strettamente connessi poiché la percezione del benessere è personale, ma non può prescindere da determinate condizioni climatiche. Pertanto gli impianti di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione devono garantire temperature ideali in ogni momento e in tutti gli ambienti, solo così possiamo far vivere ai nostri clienti un'esperienza di comfort a 360 gradi.



COMFORT E QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR: DUE FATTORI CHE CREANO VALORE NELL'EDILIZIA RESIDENZIALE E NON RESIDENZIALE

Il comfort e la qualità dell'aria indoor sono entrati a pieno diritto tra i fattori di cui tener conto in fase di progettazione. Lo indica la normativa tecnica, che negli ultimi anni ha fatto grandi passi avanti grazie a rivisitazioni e aggiornamenti, e lo indica chiaramente la lunga serie di studi che ha determinato tali aggiornamenti. Questa attenzione è giustificata dal semplice fatto che il comfort e la qualità dell'aria indoor sono importanti per il benessere umano. Importanti negli ambienti di lavoro, perché influiscono sulle prestazioni professionali. Importanti negli spazi della vita quotidiana, perché incidono sulla salubrità degli ambienti e, per la stessa ragione, fondamentali nell'edilizia ospedaliera.

Gli studi hanno dimostrato che la qualità dell'aria influisce su produttività e salute, e l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha stimato che l'inquinamento dell'aria indoor ha provocato la morte di 3,5 milioni di persone. E se è vero che all'interno di cliniche e ospedali l'attenzione è più alta e vengono effettuati dei monitoraggi per tenere sotto controllo i parametri principali, è altrettanto vero che le abitazioni private e le scuole sono ancora molto lontane da questo tipo di indagine, anche perché nessuna legislazione le prevede. Ed ecco perché spesso è il progettista a dover sensibilizzare il committente su questi dati, informandolo che si rischia di vivere e lavorare in ambienti che contengono elevate percentuali di anidride carbonica, formaldeide, radon, fumo passivo, acari, muffe, e di dover convivere con le conseguenze che ne derivano: la concentrazione diminuisce, i problemi di salute aumentano, la spesa sanitaria pubblica ne risente. Nel Piano nazionale di prevenzione 2014-2018 si legge che l'inquinamento indoor costa 200 milioni di euro, un dato su cui riflettere. In conclusione, a fronte della mancanza di una legislazione specifica nell'ambito dell'edilizia residenziale e del terziario, questo tipo di decisioni sono affidate alla sensibilità personale del progettista e del committente, e siamo certi che in seguito a un'adeguata informazione sempre più spesso le scelte progettuali e costruttive imboccheranno la strada giusta.



ACUSTICA E ILLUMINAZIONE: DUE ELEMENTI DA NON SOTTOVALUTARE PER IL RAGGIUNGIMENTO DEL BENESSERE TOTALE

Le variabili che concorrono alla creazione di un ambiente confortevole sono numerose. Oltre alla temperatura e alla qualità dell'aria indoor bisogna tenere conto dell'acustica, ovvero della gestione dei rumori esterni e interni, e dell'illuminazione, soprattutto negli spazi dove non si può contare su sorgenti di luce naturale sufficienti a garantire una corretta visione diurna e negli ambienti che necessitano di una buona visibilità notturna.

L'importanza di questi due fattori è evidente anche ai non addetti ai lavori. Entrando in un qualsiasi ambiente, infatti, il rumore e la luce vengono notati immediatamente e in un solo istante determinano una sensazione di fastidio o di benessere, in parte condizionata da una percezione soggettiva. La variabile emozionale va attentamente considerata in fase di progettazione, in modo da conciliare la sensibilità personale nei confronti di questi due elementi con le soluzioni architettoniche che meglio consentono di ottimizzare costi e prestazioni, raggiungendo il livello di soddisfazione richiesto dal cliente. Ma è la destinazione d'uso degli immobili ad avere l'ultima parola, perché se nel settore residenziale, nel settore horeca e retail si tende a optare per un'illuminazione di design che crei un certo tipo di atmosfera, nel terziario e negli spazi industriali devono prevalere criteri quali l'uniformità, la potenza e il controllo del flusso luminoso. Allo stesso modo, strutture alberghiere, condomini, ospedali, uffici e sale da concerto, solo per fare qualche esempio, avranno esigenze differenti in materia di isolamento acustico e dipenderà dal progettista individuare le migliori soluzioni per il fonoisolamento o il fonoassorbimento, conciliando l'estetica con il comfort, la funzionalità e le esigenze di risparmio energetico.

Benessere termico | igrometrico



Benessere olfattivo





IL COMFORT TERMICO

Da una percezione soggettiva a
uno standard condiviso

SENSAZIONE

Quando un individuo è inserito all'interno di un ambiente, può percepire una sensazione di caldo o di freddo. Tale percezione è molto soggettiva poiché dipende dal tipo di attività svolta, dalla posizione occupata dalla persona, o più semplicemente da com'è vestita.

La sensazione del comfort è fortemente condizionata dal sistema di termoregolazione del corpo umano, ovvero da tutto l'insieme dei meccanismi di scambio termico che permettono di mantenere una temperatura costante di 37°C.

Tali meccanismi possono essere: la respirazione, la sudorazione, lo scambio di calore tra l'individuo e l'ambiente. Ecco allora che una persona sottoposta a un'attività fisica media, come lo stare in piedi, potrebbe sentire più caldo rispetto a una persona seduta per ore davanti al computer. Oppure, in un ufficio dov'è d'obbligo indossare giacca e cravatta le persone potrebbero sentire più caldo durante il periodo estivo, ragione per cui bisognerà ridurre la temperatura.

La sensazione del comfort è legata sia a una condizione globale costituita dalla temperatura dell'aria e delle pareti, sia alla presenza di un lieve movimento dell'aria, sia a un'eccessiva differenza della temperatura dell'aria tra testa e caviglie, o addirittura da una temperatura superficiale del pavimento inadeguata, ovvero è legata a tutto ciò che può essere inteso come "disagio locale".

Le persone più sensibili al disagio locale sono in genere quelle che svolgono un'attività sedentaria per molte ore, oppure che si trovano in fase di riposo. Ecco perché la progettazione di uffici e camere da letto piuttosto che di zone soggiorno, teatri o sale cinema deve necessariamente tenere conto di tali aspetti.



Al comfort termico è collegato il comfort igrometrico, ovvero la percezione di quanto è umido o secco un ambiente. Per essere sano, un ambiente dovrebbe avere un'umidità relativa compresa tra il 30% e il 60%. L'umidità sembrerebbe avere uno scarso effetto sulla sensazione termica, anche se alcuni studi hanno evidenziato che persone sottoposte ad alte umidità relative con alte temperature percepivano un disagio maggiore rispetto a persone sottoposte alle stesse condizioni ma con umidità più basse⁽¹⁾. In ogni caso le normative tecniche attuali raccomandano di non superare 12 g/kg come umidità assoluta (che corrisponde, per esempio, a una temperatura dell'aria di 25°C con umidità relativa del 60%). L'effetto di un ambiente troppo secco o troppo umido si riflette in una scarsa salubrità degli stessi. Un ambiente secco può provocare irritazione nasale, mal di gola, irritazione agli occhi, secchezza della pelle; un ambiente troppo umido può incrementare la presenza di batteri e muffe.

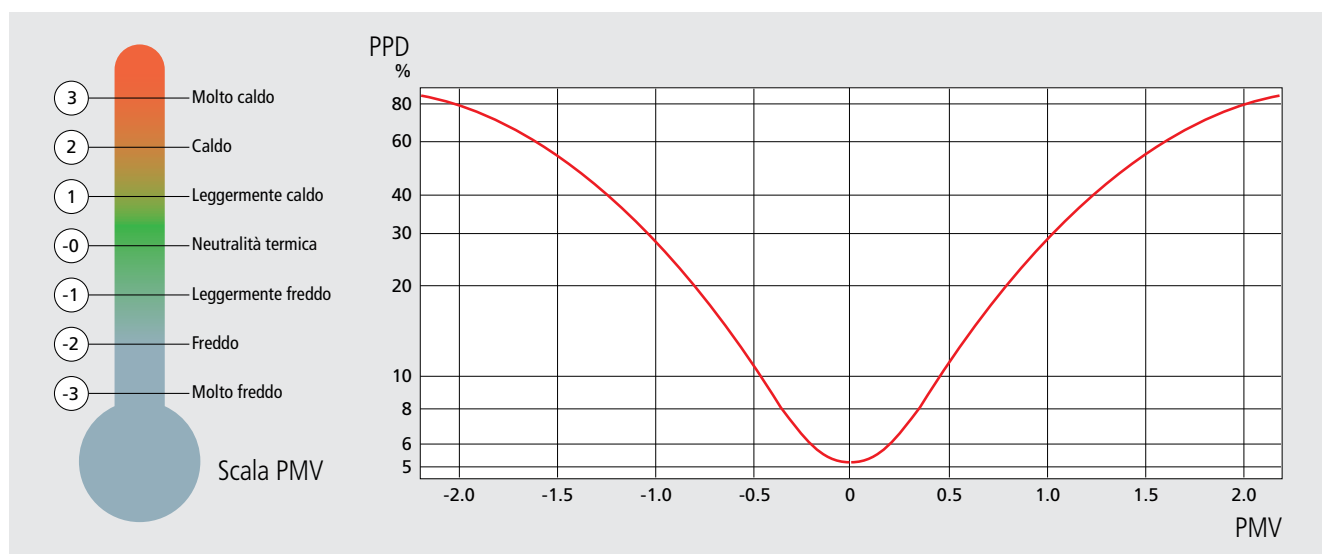
(1) - Impact of Relative Humidity on Thermal Comfort in a Warm Environment . Shenglan Jinga, Baizhan Liab, Meilan Tana, Hong Liua. Indoor and Built Environment- September 12, 2012 Volume: 22 issue: 4, page(s): 598-607.

PARAMETRI DEL COMFORT GLOBALE

Ma come fare per capire se un ambiente è più o meno confortevole termicamente?

Proprio perché il comfort è dovuto a una condizione di benessere ed è soggettivo, non basta misurare temperatura e umidità. Può infatti accadere che due individui all'interno dello stesso ambiente possano percepire due sensazioni diverse e opposte. Ma se all'interno dello stesso ambiente si accogliesse in momenti successivi un campione rappresentativo di persone, è probabile che la maggior parte di queste esprima un giudizio uniforme sul comfort in tale ambiente. È anche possibile riscontrare una certa uniformità di valutazione dell'ambiente da parte di persone vestite allo stesso modo o della stessa età.

Ecco che diventa utile valutare il comfort con un vero e proprio voto sulla sensazione termica, espresso da un numero consistente di persone. In particolare la sensazione termica è espressa su una scala a 7 punti, dove con 0 si esprime la neutralità termica, con +3 si indica una sensazione di grande caldo e con -3 una sensazione di molto freddo. I voti individuali saranno dispersi a un valore medio: è il cosiddetto indice PMV (Voto Medio Previsto), alla base di tutte le considerazioni sul comfort.



Accanto al PMV esiste il PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti), che esprime il numero di persone termicamente insoddisfatte. Tale valore non potrà mai essere pari a 0 perché diversi studi che hanno coinvolto migliaia di persone hanno dimostrato che anche nelle migliori situazioni di neutralità termica esiste sempre almeno il 5% di soggetti insoddisfatti.

Dal momento che il PMV esprime il bilancio termico tra il corpo umano e l'ambiente che lo circonda, ecco che i fattori che intervengono nella sua determinazione sono collegati a:

- Attività metabolica della persona, espressa in met o in W/m²
- Potenza meccanica efficace, espressa in W/m² a carico della persona
- Condizioni di temperatura dell'aria, in genere a 1,1 m da terra (corrispondente all'altezza del collo di una persona seduta)
- Temperatura media radiante, in genere a 1,1 m da terra (corrispondente all'altezza del collo di una persona seduta)
- Velocità dell'aria
- Tipo di vestiario, espresso con l'indice clo.

Il PMV può essere valutato mediante:

- Calcolo, attraverso le formule riportate sulla norma UNI EN ISO 7730
- Da tabella, secondo la norma UNI EN ISO 7730, conoscendo informazioni sul tipo di vestiario, attività, temperatura operativa e velocità dell'aria
- Tramite misurazione diretta usando particolari sensori (mediante centralina microclimatica)
- I parametri del comfort, come temperatura dell'aria e temperatura media radiante, possono essere:
- Stimati mediante calcolo
- Misurati mediante una centralina microclimatica secondo le istruzioni contenute nella norma ISO 7726.



Temperatura dell'aria (Ta): la temperatura dell'aria in ambiente è importante per definire lo scambio convettivo tra una superficie o la pelle della persona e l'ambiente. Ai fini del comfort è importante valutarla a livello delle caviglie, all'altezza della testa di una persona seduta (1,1 m) e all'altezza di una persona in piedi (1,7 m).

Temperatura media radiante (Tmr): la temperatura media radiante è definita come la temperatura uniforme di una cavità in cui la perdita di calore per radiazione è uguale a quella di una persona in esame all'interno di una stanza reale; esprime quindi la temperatura di tutte le superfici che circondano una persona all'interno di un ambiente.

Il calcolo di tale temperatura è abbastanza complesso e richiede la conoscenza delle temperature di tutte le superfici e dei fattori di vista (ovvero della relazione geometrica che esprime lo scambio termico radiativo tra le varie superfici). In alternativa la temperatura media radiante è misurabile con la globosonda, secondo le indicazioni presenti nella norma ISO 7726.

Temperatura operativa (To): la temperatura operativa esprime lo scambio termico complessivo di una persona con l'ambiente che la circonda. È concettualmente pari alla somma dello scambio sensibile scambiato per convezione con l'aria (Ta) e dello scambio radiante scambiato con le superfici (Tmr).

Per ambienti termici moderati, se la differenza tra temperatura media radiante e temperatura dell'aria è inferiore a 4°C e la velocità dell'aria inferiore a 0,2 m/s, la temperatura operativa può essere facilmente calcolata con la seguente formula:

$$T_o = \frac{T_a + T_{mr}}{2}$$

Per la misura della temperatura operativa è possibile utilizzare un dispositivo di forma ellissoidale grigio chiaro, come da UNI EN 7726.

I PARAMETRI DEL DISCOMFORT LOCALIZZATO

Il discomfort locale o localizzato esprime quella sensazione di caldo o freddo percepita in una determinata area del corpo e che contribuisce inevitabilmente alla percezione di comfort complessivo. I principali parametri di discomfort locale sono i seguenti:

- TEMPERATURA DEL PAVIMENTO
- DIFFERENZA DI TEMPERATURA ARIA TESTA-CAVIGLIE
- ASIMMETRIA RADIANTE
- CORRENTI D'ARIA.

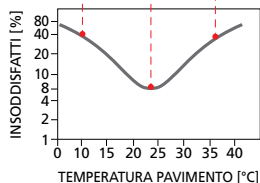
I valori riportati nelle tabelle sottostanti derivano dalla UNI EN ISO 7730.

TEMPERATURA DEL PAVIMENTO

t_f [°C]



Descrizione	Valore corretto	Elementi interessati	Grandezze interessate
Per persone in piedi o sedute, con scarpe leggere, la temperatura del pavimento influisce sulla sensazione termica.	Min 19°C in freddo Max 29°C in caldo	Pavimenti radianti ad acqua. Pavimenti scaldati elettricamente ma per brevi permanenze.	Temperatura superficiale del pavimento.

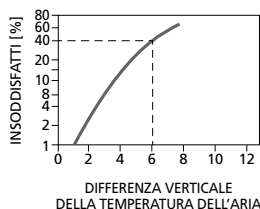


DIFFERENZA DI TEMPERATURA DELL'ARIA TRA TESTA E CAVIGLIE

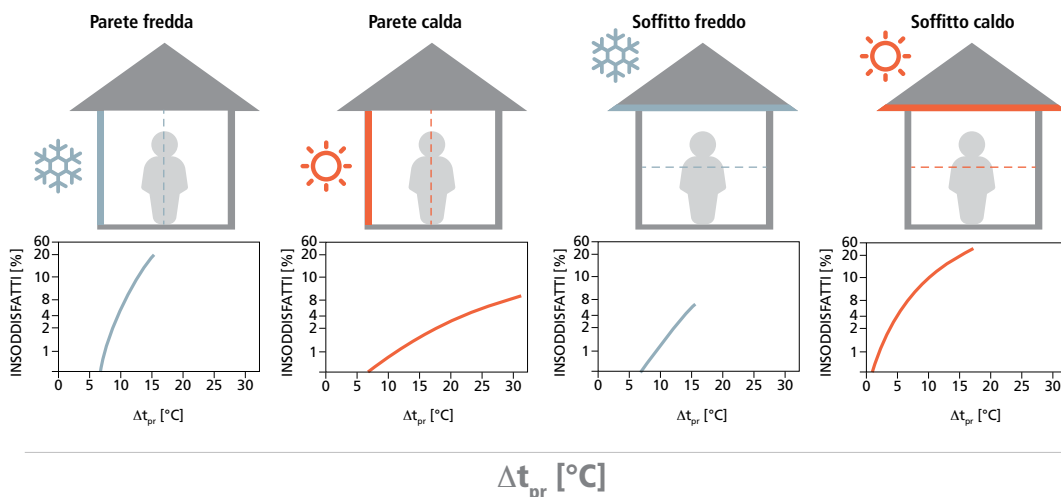
$\Delta t_{a,v}$ [°C]



Descrizione	Valore corretto	Elementi interessati	Grandezze interessate
Quando esiste una elevata differenza verticale della temperatura dell'aria tra testa e caviglie, la persona può provare disagio.	Max 2°C per persone sedute (tra 1,1 m e 0,1 m da terra).	Pavimenti radianti ad acqua, sistemi di ventilazione dal basso a dislocamento, vetrate.	- Flusso di calore scambiato dalle pareti e dal pavimento. - Ventilazione meccanica. - Infiltrazione.



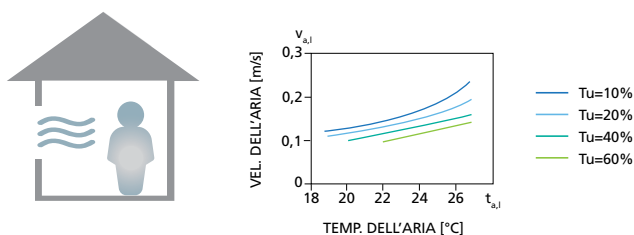
ASIMMETRIA RADIANTE



Δt_{pr} [°C]

Descrizione	Valore corretto	Elementi interessati	Grandezze interessate
Quando la persona si trova in mezzo a due pareti caratterizzate da un'elevata differenza di temperatura può percepire un disagio termico; lo stesso dicasi quando c'è un'elevata differenza di temperatura tra pavimento e soffitto.	Asimmetria orizzontale: parete calda <23°C parete fredda <10°C Asimmetria verticale: soffitto caldo < 5°C soffitto freddo < 14°C	Soffitti radianti, pareti radianti, finestre, pareti o solai scarsamente isolati.	Temperatura media delle superfici intorno alla persona.

CORRENTI D'ARIA FREDDA (DRAUGHT RATING)



DR [%]

Descrizione	Valore corretto	Elementi interessati	Grandezze interessate
La corrente d'aria fredda, specialmente in prossimità del collo, può infastidire le persone; il rischio di disagio (DR%) è maggiore per persone che svolgono attività sedentaria e che avvertono caldo. Il parametro DR% va da 0 a 100%.	<10%	Soffitti radianti, pareti radianti, finestre, pareti o solai scarsamente isolati.	- Temperatura dell'aria - Velocità media dell'aria - Intensità della turbolenza

LE NORMATIVE TECNICHE DI RIFERIMENTO PER IL COMFORT TERMICO

ISO 7730, UNI EN 15251, ASHRAE 55, UNI EN ISO 7726

UNI EN ISO 7730:2006

La norma tecnica di riferimento per il comfort termico in Italia è la UNI EN ISO 7730, che descrive nel dettaglio i metodi per prevedere la sensazione termica globale e il grado di insoddisfazione delle persone esposte in ambienti termici moderati.

La norma spiega come determinare gli indici PMV (Voto Medio Previsto) e PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti), oltre agli indici del discomfort locale (come il parametro DR%, rischio di correnti d'aria, differenza verticale della temperatura dell'aria).

IL PMV può essere valutato utilizzando un calcolatore (conoscendo i parametri necessari come metabolismo, temperatura e velocità dell'aria, ecc.) direttamente utilizzando le tabelle in fondo alla norma (Appendice E), oppure attraverso misurazione diretta mediante centralina microclimatica.

L'ipotesi di regime permanente è alla base dei metodi di calcolo riportati in questa norma, ma viene anche spiegato come considerare l'effetto di variazioni di temperatura a gradino o cicliche o altre situazioni in cui le condizioni dell'ambiente si stanno modificando.

All'interno dell'Appendice A, la norma fornisce i limiti di accettabilità per il benessere, introducendo tre categorie A, B e C, dove la categoria A è la migliore dal punto di vista del comfort in quanto prevede una percentuale di insoddisfatti al massimo del 6%. La peggiore è la C, in cui si prevede un valore PPD% fino al 15%.

STATO TERMICO NEL SUO COMPLESSO			DISAGIO LOCALE			
CATEGORIA	PPD%	PMV	DR%	PD%	PD%	PD%
				Differenza di temperatura verticale dell'aria	Pavimento freddo o caldo	Asimmetria radiante
A	<6	-0,2 < PMC < +0,2	<10	<3	<10	<5
B	<10	-0,5 < PMC < +0,5	<20	<5	<10	<5
C	<15	-0,7 < PMC < +0,7	<30	<10	<15	<10

Tabella 1. (Prospetto A.1 ISO 7730)

Altre informazioni utili presenti in Appendice A della ISO 7730 sono i grafici che correlano la temperatura operativa ottimale e l'intervallo accettabile di temperatura sulla base dell'abbigliamento (clo) e del metabolismo energetico (met) per rientrare in una determinata categoria.

Per esempio, all'interno di un ufficio dove si ipotizza un'attività metabolica di 70 W/m², per rimanere in categoria A in estate è bene che la velocità dell'aria non superi 0,12 m/s e la temperatura operativa sia nel range 24,5°C ±1,0°C. Altre considerazioni possono essere fatte per il regime invernale e per diverse destinazioni d'uso.

Infine, esistono grafici che riportano gli intervalli dei parametri che regolano il disagio termico locale per rimanere all'interno della categorie A, B e C. Per esempio, nella tabella sottostante sono riportate le temperature corrette del pavimento e dell'asimmetria radiante per il soffitto.

CATEGORIA	INTERVALLO DI TEMPERATURA DEL PAVIMENTO
A	da 19°C a 29°C
B	da 19°C a 29°C
C	da 17°C a 31°C

CATEGORIA	ASIMMETRIA DELLA TEMPERATURA RADIANTE °C	
	Soffitto caldo	Soffitto freddo
A	<5	<14
B	<5	<14
C	<7	<18

All'interno dell'Appendice B e C il progettista può trovare le informazioni utili per stimare i parametri del metabolismo energetico (met) e dell'isolamento termico dovuto al vestiario (clo).

- Per esempio, l'attività sedentaria in ufficio di una donna vestita con slip, calze, blusa, gonna lunga, giacca e scarpe è facilmente identificabile con met 1,2 e clo 1,1.

Infine è da citare l'Appendice H, in cui viene spiegato come valutare le condizioni per il benessere termico globale sul lungo periodo (stagione o anno) utilizzando simulazioni dinamiche o misurazioni.

UNI EN 15251:2008

Si tratta della norma europea di riferimento 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.

La norma si applica agli edifici non industriali in cui i criteri relativi all'ambiente interno sono definiti dall'occupazione umana, alle abitazioni individuali, condomini, uffici, scuole, alberghi e ristoranti, impianti sportivi ed edifici a uso commerciale.

Questa norma deriva dalla consapevolezza che se il consumo energetico di un edificio fosse l'unico criterio usato per la sua progettazione, facilmente l'ambiente interno inteso come temperatura, qualità dell'aria, rumore e illuminazione potrebbe risultare inadeguato. Se si trattasse di un edificio destinato a uffici, un cattivo ambiente potrebbe tradursi in una scarsa produttività con un aumento dei costi per la società proprietarie dello stabile.

Ecco quindi che questa norma risponde all'esigenza di fornire una dichiarazione energetica assieme a una dichiarazione della qualità dell'ambiente interno.

Una sezione consistente della norma riguarda il comfort termico per edifici progettati con impianto di riscaldamento e raffrescamento o solo con impianto di riscaldamento.

Il riferimento normativo principale è la norma EN ISO 7730, mentre la EN ISO 7726 è menzionata ogni qual volta si faccia riferimento a misure in edifici esistenti.

Nell'Appendice A sono specificati i criteri raccomandati per ottenere diversi livelli di comfort negli edifici e che si basano sul concetto di PMV e PPD riportato proprio nella EN ISO 7730.

Le categorie sono in totale quattro e inquadrano le differenti aspettative sul comfort termico, come illustrato nella tabella.

CATEGORIA	SPIEGAZIONE
I	Alto livello di aspettativa, raccomandato per persone molto sensibili e fragili come malati, disabili, bambini e anziani.
II	Normale livello di aspettativa, da adottare per nuove costruzioni e ristrutturazioni.
III	Livello di aspettativa accettabile/moderato: può essere usato per edifici esistenti.
IV	Valori fuori dai criteri delle precedenti categorie: questa categoria può essere accettata per una parte limitata dell'anno.

Sulla base della categoria del comfort desiderata (che corrisponde a una determinata percentuale di insoddisfatti), e con le ipotesi riportate in tale sezione, il progettista può valutare la minima temperatura invernale e la massima temperatura estiva per diverse destinazioni d'uso (tabella A.2 - UNI EN 15251), o adottare i range di temperatura interna per calcoli energetici riportati in tabella A.3 (UNI EN 15251).

Ad esempio, per dimensionare l'impianto di condizionamento estivo nella camera da letto di un edificio residenziale, il progettista dovrebbe considerare una temperatura operativa di 27°C se si accontentasse di rimanere in categoria III, mentre dovrebbe considerare 25,5°C per assicurare la categoria migliore sul comfort (ovvero la categoria I). Viceversa, il dimensionamento della stessa stanza in inverno dovrebbe considerare almeno 18°C per la categoria peggiore (ovvero la categoria III) e 21°C per la categoria I. Per normali applicazioni si dovrebbe considerare la categoria II, che è in grassetto nella norma.

TIPO DI EDIFICIO	CATEGORIA	TEMPERATURA OPERATIVA [°C]	
		Minima per riscaldamento (inverno). ~1,0 clo	Massima per raffrescamento (estate). ~0,5 clo
Edificio residenziale: spazi occupati (camere da letto, salotto, cucina, ecc.).	I	21,0	25,5
	II	20,0	26,0
	III	18,0	27,0

La tipologia di edifici/spazi per i quali si può prendere dalla tabella A.2 la temperatura corretta per il dimensionamento dell'impianto sono:

- Edifici residenziali
- Singoli uffici
- Grandi uffici (open plane offices)
- Sale riunioni
- Auditorium
- Bar/ristoranti
- Aule scolastiche
- Scuole materne
- Grandi magazzini

All'interno dell'Appendice A sono anche riportati i criteri per stabilire se un ambiente privo di condizionamento estivo, ma con la possibilità di aprire le finestre da parte degli occupanti, possa rientrare nel comfort. La capacità di adattamento delle persone all'interno di un ambiente privo di impianto di climatizzazione fa sì che si possa rimanere all'interno di una condizione di comfort pur con temperature operative in ambiente comprese in un range molto ampio (fino a 8°C).

ANSI/ASHRAE 55 (ULTIMA REVISIONE DEL 2017)

La norma ANSI/ASHRAE 55 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, che rappresenta lo standard del comfort in America, è in realtà un documento molto usato anche in Europa perché fornisce degli strumenti utili per la progettazione del comfort.

Lo standard LEED, di cui si parlerà nei capitoli successivi, richiede espressamente la conformità a questo standard ASHRAE 55.

Esistono tre vie principali di conformità nello Standard 55-2010: il Graphic Comfort Zone Method, il Computer Model Method e l'Adaptive Method.

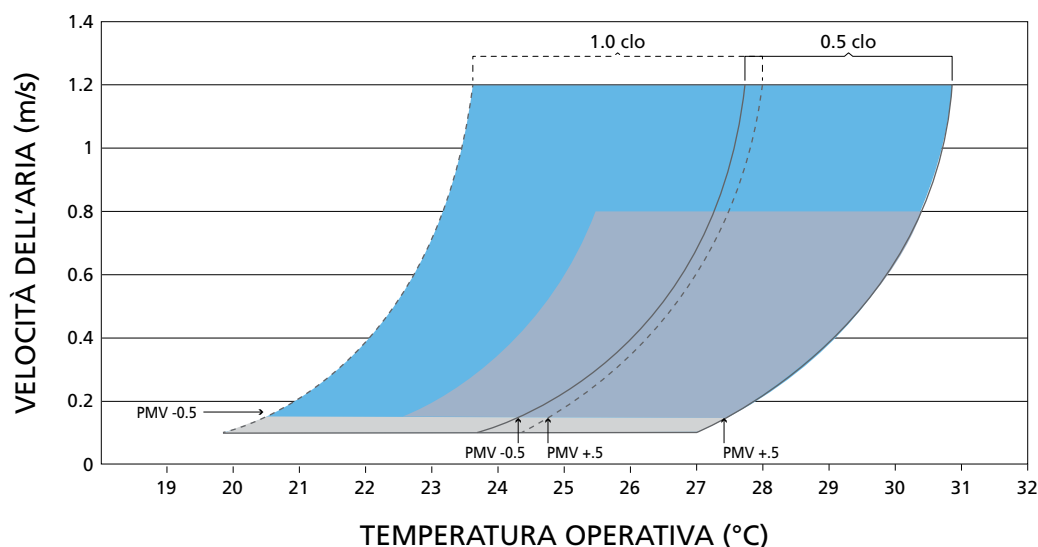
Il **Graphic Comfort Zone Method** è il più semplice, lungamente utilizzato e basato sul diagramma di comfort termico, comprende una "comfort zone" grafica. È interessante che i grafici riportati facciano riferimento direttamente alla temperatura operativa, riconoscendo l'importanza di questo parametro sul benessere termico.

Campo accettabile di temperature operative e velocità dell'aria per la zona di benessere (comfort zone) illustrata nella figura a fianco, per umidità specifica di 0,010 kg/kg di aria secca (standard 55-2010).

met 1,1

- controllo locale della velocità dell'aria
- controllo locale non richiesto
- zona di comfort dell'aria

In questo grafico $t_r = t_a$



Il **Computer Model Method** richiede calcoli che si possono applicare a progetti per i quali non è possibile utilizzare il grafico precedente. Il metodo si basa sugli indici PMV e PPD, pertanto è in linea con il metodo riportato dalla ISO 7730.

L'**Adaptive Method** è stato introdotto per estendere l'applicazione dello standard agli spazi con ventilazione naturale, privi di raffreddamento meccanico e senza riscaldamento acceso.

Questo metodo riconosce il ruolo dell'adattamento dell'individuo all'ambiente e del suo comportamento, come l'apertura delle finestre, la chiusura delle tende, il cambio dei vestiti, se tali azioni vanno a vantaggio dell'adattamento.

I metodi riportati nella versione 2010 parzialmente rivisti e semplificati nella versione del 2017.

UNI EN ISO 7726:2002

È la norma di riferimento per la misura del comfort. La norma specifica sia le caratteristiche minime degli strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche che caratterizzano un ambiente, sia i metodi per la misurazione delle stesse.