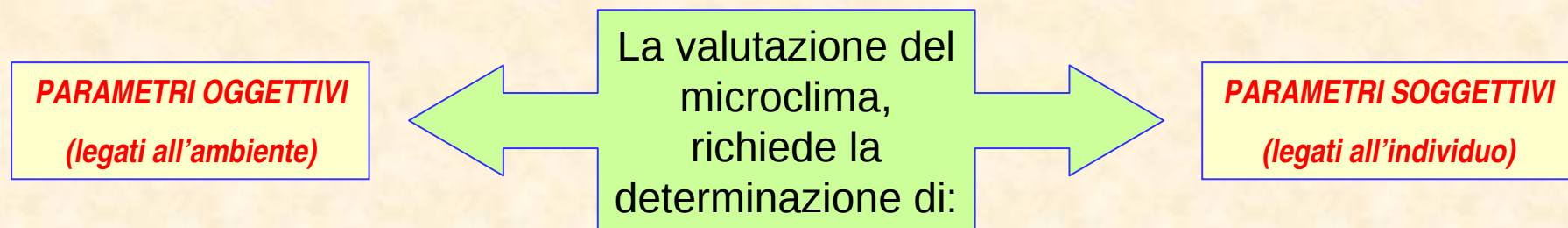


IL RISCHIO DERIVANTE DAL MICROCLIMA LAVORATIVO

Definiamo “microclima” il complesso dei parametri fisici che caratterizzano l’ambiente locale e che, assieme a parametri individuali quali l’attività metabolica e l’abbigliamento, determinano gli scambi termici fra l’ambiente stesso e gli individui che vi operano.

Nella generalità dei luoghi di lavoro, l’attività metabolica è strettamente associata al compito lavorativo da non poter considerare quest’ultimo una variabile.

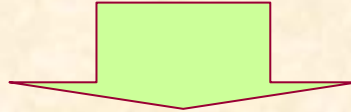


- **TEMPERATURA DELL'ARIA T_a**
- **TEMPERATURA MEDIA RADIANTE T_r**
- **UMIDITA' RELATIVA $U\%$**
- **VELOCITA' DELL'ARIA V_a**

- **DISPENDIO ENERGETICO METABOLICO M**
- **RESISTENZA TERMICA DEL VESTIARIO I_{clo}**
- **RENDIMENTO MECCANICO DEL LAVORO SVOLTO**

Un microclima confortevole è quello che suscita nella maggioranza degli individui presenti una sensazione di soddisfazione per l'ambiente, da un punto di vista termo – igrometrico, convenzionalmente identificata col termine “benessere termo - igrometrico”, ma più spesso indicata per brevità come “benessere termico” o semplicemente “benessere” o “comfort”.

Garantire il comfort microclimatico, significa essenzialmente assicurare:



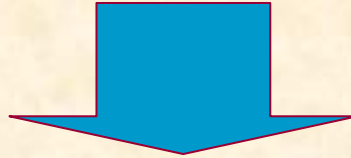
- aria salubre in quantità sufficiente (ricambi di aria sufficienti)
- aria con opportune caratteristiche di temperatura, velocità ed umidità
- illuminazione naturale ed artificiale sufficiente

Viceversa il discomfort microclimatico è caratterizzato da:

- correnti d'aria
- differenze di temperatura
- asimmetria radiante

Il tutto, considerando che:

Il microclima di un ambiente di lavoro influenza il livello di concentrazione, la produttività e la comparsa di patologie legate a condizioni di benessere non soddisfacenti.



A tal fine risulta necessario che si verifichino condizioni appropriate a produrre sia comfort di tipo globale, ovvero relativo al corpo umano nel suo complesso, sia comfort di tipo locale, ovvero relativo a specifiche aree corporee.

1.9 Microclima

1.9.1. Aerazione dei luoghi di lavoro chiusi

1.9.1.1. Nei luoghi di lavoro chiusi, è necessario far sì che tenendo conto dei metodi di lavoro e degli sforzi fisici ai quali sono sottoposti i lavoratori, essi dispongano di **aria salubre in quantità sufficiente **anche ottenuta con impianti di areazione**.**

1.9.1.2. Se viene utilizzato un impianto di aerazione, esso deve essere sempre mantenuto funzionante. Ogni eventuale guasto deve essere segnalato da un sistema di controllo, quando ciò è necessario per salvaguardare la salute dei lavoratori.

1.9.1.3. Se sono utilizzati impianti di condizionamento dell'aria o di ventilazione meccanica, essi devono funzionare in modo che i lavoratori non siano esposti a correnti d'aria fastidiosa.

1.9.1.4. Gli stessi impianti devono essere periodicamente sottoposti a controlli, manutenzione, pulizia e sanificazione per la tutela della salute dei lavoratori.

1.9.1.5. Qualsiasi sedimento o sporcizia che potrebbe comportare un pericolo immediato per la salute dei lavoratori dovuto all'inquinamento dell'aria respirata deve essere eliminato rapidamente.

1.9.2. Temperatura dei locali

1.9.2.1. La temperatura nei locali di lavoro deve essere adeguata all'organismo umano durante il tempo di lavoro, tenuto conto dei metodi di lavoro applicati e degli sforzi fisici imposti ai lavoratori.

1.9.2.2. Nel giudizio sulla temperatura adeguata per i lavoratori si deve tener conto della influenza che possono esercitare sopra di essa il grado di umidità ed il movimento dell'aria concomitanti.

1.9.2.3. La temperatura dei locali di riposo, dei locali per il personale di sorveglianza, dei servizi igienici, delle mense e dei locali di pronto soccorso deve essere conforme alla destinazione specifica di questi locali.

1.9.2.4. Le finestre, i lucernari e le pareti vetrate devono essere tali da evitare un soleggiamento eccessivo dei luoghi di lavoro, tenendo conto del tipo di attività e della natura del luogo di lavoro.

1.9.2.5. Quando non è conveniente modificare la temperatura di tutto l'ambiente, si deve provvedere alla difesa dei lavoratori contro le temperature troppo alte o troppo basse mediante misure tecniche localizzate o mezzi personali di protezione.

1.9.3 Umidità

1.9.3.1 Nei locali chiusi di lavoro delle aziende industriali nei quali l'aria è soggetta ad inumidirsi notevolmente per ragioni di lavoro, si deve evitare, per quanto è possibile, la formazione della nebbia, mantenendo la temperatura e l'umidità nei limiti compatibili con le esigenze tecniche.

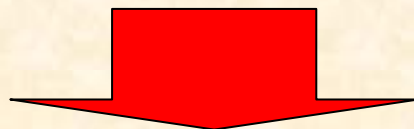
L'umidità dell'aria provoca una sensazione di benessere quando è compresa tra il 30% di umidità relativa (u.r.) (in inverno, per temperature comprese tra 19 e 24 °C) ed il 65% u.r. (in estate, per temperature comprese tra 22 e 28 °C).

Valori più bassi - fino al 20% u.r. - limitati a pochi giorni durante l'anno , e valori più alti - fino al 75% u.r. - sono fisiologicamente accettabili.

L'umidificazione dell'aria non è in generale necessaria, a meno che il clima dei locali debba rispondere ad esigenze particolari. Ciò vale anche durante il periodo di riscaldamento.

L'esperienza ha dimostrato che le lamentele per la presenza di aria troppo asciutta nei locali non dotati di umidificazione sono spesso imputabili a temperature troppo elevate, ad un elevato tasso di ricambio dell'aria con adduzione di aria esterna, alla presenza nell'aria di polvere o di altre sostanze estranee, ad esempio particelle di formaldeide, in quantità elevata.

La definizione delle condizioni microclimatiche ideali, è una delle situazioni per le quali nel TESTO UNICO non sono contenute indicazioni chiare e definite.



Nella pratica, mettendo assieme le indicazioni provenienti dalle leggi e dalle norme tecniche, si deve fare attenzione a curare i seguenti aspetti:

- 1. Assicurare temperature, valori di umidità e velocità dell'aria "accettabili" (ossia valori **ragionevolmente soddisfacenti**)**
- 2. Evitare di sottoporre i lavoratori a fastidiose correnti di aria**
- 3. Evitare che i lavoratori siano sottoposti a continui sbalzi termici**
- 4. Pulire e sanificare i condizionatori periodicamente**
- 5. Permettere ricambi d'aria in un numero sufficiente**
- 6. Evitare che si possano avere inquinamenti indoor (con procedure che evitino di fumare, di utilizzare suppellettili che accumulino polvere di vario tipo) e considerare patologie o predisposizioni personali (allergie, cardiopatie, ecc.)**

7.

Dal punto di vista **impiantistico**, gli interventi possono essere:

- adozione di **sistemi di apertura e chiusura dei portoni** che riducano al minimo gli scambi termici tra l'esterno e l'interno (porte a barriera/lamina d'aria) per evitare inutili raffreddamenti invernali e riscaldamento estivi;
- posizionamento delle **postazioni fisse di lavoro, a distanza dalle porte che si affacciano su ambienti esterni o lontane da importanti sorgenti radianti**;
- **interposizione di schermi** che evitino l'esposizione diretta del soggetto alla radiazione emessa da superfici molto calde o molto fredde interne o esterne all'ambiente.
- **controllo del carico termico interno degli ambienti**: presenze eccessive di macchine/persone/attività apportano energia termica che l'impiantistica può non essere più in grado di controllare;
- **riduzione** (o, talvolta, aumento) **delle velocità dell'aria** con appropriati ventilatori e anemostati con bilanciamento delle portate d'aria nei diversi locali e regolazione delle direzioni del flusso.

Oltre alle misure di carattere tecnico possono infine essere adottate misure a carattere procedurale, che si debbono integrare con i percorsi di informazione e formazione degli operatori.

Le situazioni che rendono utile l'adozione di procedure sono estremamente diverse e possono ad esempio riguardare le tempistiche di attivazione degli impianti, in funzione delle tempistiche di accesso dei lavoratori negli ambienti o le occasioni e le modalità di utilizzo degli apprestamenti di controllo dei parametri termo-igrometrici.



Attenzione:

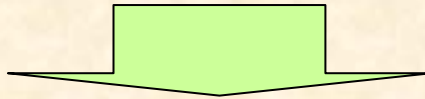
Negli ambienti termici moderati, fatta eccezione per interventi su comportamenti individuali che vanno contro il "buon senso", le modifiche all'abbigliamento non devono essere utilizzate come strumento di controllo del microclima, se non come extrema ratio in casi particolari.

Il TESTO UNICO fa riferimento al concetto di ARIA SALUBRE

E' compito del Datore di Lavoro, assicurare la sufficiente quantità di aria salubre per ciascun lavoratore, attraverso il contenimento dell'inquinamento indoor ed attraverso la somministrazione degli opportuni ricambi orari di aria.

Nasce quello che nella prassi viene chiamato

INQUINAMENTO INDOOR.



La qualità dell'aria negli ambienti interni dipende da molteplici fattori:

- **sorgenti inquinanti esterne:** provenienti dall'atmosfera, dalle acque o dal suolo;
- **attività umane:** generano inquinamento dovuto ai normali processi metabolici, agli animali domestici, al fumo di tabacco, alla cottura dei cibi, all'uso di detersivi e detergenti vari;
- inquinamento prodotto **dall'ambiente fisico interno:** emissione da parte dei materiali da costruzione e degli arredi;
- inquinamento derivante da **sistemi impiantistici** di condizionamento dell'aria, di combustione e dalle diverse apparecchiature, sia domestiche che per l'ufficio.

Possiamo partire dalla considerazione che, nei paesi industrializzati le persone trascorrono all'interno degli edifici (ambienti chiusi) oltre l'80% del loro tempo e di questo tempo, il 40% è trascorso all'interno dei luoghi di lavoro.

Esistono quindi fondati sospetti che siano maggiori i rischi sanitari associabili all'inquinamento interno, rispetto all'inquinamento esterno.

Tabella VII. Valutazione quantitativa dell'impatto sulla salute della popolazione e dei costi diretti (€) per l'assistenza sanitaria attribuibili ogni anno agli inquinanti indoor in Italia

Inquinante	Malattia	Impatto sanitario	Costi diretti
Allergeni (acari, muffe, forfore animali)	Asma bronchiale (bambini/adolescenti)	>160.000 casi prevalenti/anno	> 85 milioni
Radon	Tumore del polmone	1.500-6.000 decessi/anno	28-105 milioni
Fumo di tabacco ambientale	asma bronchiale (bambini/adolescenti)	>30.000 casi prevalenti/anno	>15 milioni
	Infezioni acute delle vie aeree sup. ed inf.	>50.000 nuovi casi/anno	non valutabile
	Tumore del polmone	>500 decessi/anno	>9 milioni
	Infarto del miocardio	>900 decessi/anno	>8 milioni
Benzene	Leucemia	36-190 casi/anno	0,5-4 milioni
Monossido di carbonio (CO)	Intossicazione acuta da CO	>200 decessi/anno	0,5 milioni
TOTALE			150-230 milioni

La qualità dell'aria indoor "IAQ" ha visto, **nel corso degli ultimi anni, un progressivo peggioramento**, sia in termini di numero e di concentrazione di sostanze inquinanti aerodisperse con relative ricadute negative per gli effetti sulla salute.

Tali mutamenti sono da attribuire a due ordini di motivi: uno di tipo "politico" ed uno di tipo "strutturale:

- ✓ Il primo motivo è da attribuire alla emanazione di legge che, per sopravvenute priorità di risparmio energetico, ha indotto ad adottare scelte costruttive che limitando gli scambi termici verso l'esterno riducono anche i ricambi d'aria.
- ✓ Il secondo motivo, pressoché parallelo al primo, è da attribuire all'utilizzo di nuovi materiali per l'edilizia e per gli arredi, incremento del condizionamento che, per recuperare una quota parte dell'energia termica, adottano un ricircolo dell'aria.

Esistono quindi fondati sospetti che siano maggiori i rischi sanitari associabili all'inquinamento interno, rispetto all'inquinamento esterno: si pensa che il 40% delle assenze da lavoro per malattia sia dovuto a problemi di qualità dell'aria interna degli uffici .

INQUINANTI	FONTI
Asbesto e fibre minerali	Materiali da costruzioni
Anidride carbonica (CO ₂)	Respirazione e combustioni
Antiparassitari	Legno
Composti organici volatili	Arredamenti, fumo, prodotti per la pulizia, isolanti
Formaldeide	Arredamenti
Fumo di tabacco	Abitudine al fumo degli occupanti
Ossido di carbonio (CO)	Sistemi di riscaldamento e fumi di tabacco
Ozono (O ₃)	Aria esterna, strumenti elettrici ad alto voltaggio
Particolato inalabile	Fumo di tabacco
Inquinanti microbiologici	Impianti di condizionamento
Radon	Suolo, acque e materiali di costruzione

A fronte della presenza di queste sostanze, possono insorgere due principali tipologie di problematiche:

Building Related Illness (BRI)
“Malattia correlata all’edificio”

(alveoliti allergiche, infezioni da virus e funghi, asma bronchiale, febbre da umidificatori, febbre di Pontiac e legionellosi) Le patologie appartenenti a questo gruppo, sono caratterizzate da una bassa incidenza fra gli occupanti, con manifestazione di tipo allergico o tossico-infettivo

Sick Building Syndrome (SBS)
“Sindrome dell’edificio malato”

disturbi di tipo prevalentemente irritativo, a carico delle mucose delle congiuntive e delle prime vie aeree e da manifestazioni riguardanti l'apparato respiratorio, digerente, cardiovascolare, osteomuscolare, nervoso e cutaneo.

Un indicatore di qualità indiretto dell'aria all'interno di un ambiente chiuso, può essere rappresentato dalla concentrazione di CO₂.

Lo standard ASHRAE 62:2001 pone come valore limite per l'accettabilità della qualità dell'aria indoor, quello per il quale vi è una concentrazione di CO₂ interna tra i 1000 ppm e i 1500 ppm.

Questa differenza inoltre, corrisponde a condizioni di ventilazione ritenute disagiabili da circa il 20% delle persone presenti.



L'importanza di questo numero potrà essere più chiara, più in là, introducendo il principio della norma tecnica UNI EN ISO 7730

Norma antifumo

Legge 3/2003 (Entrata in vigore con un regolamento il 13 gennaio 2005)

Disposizioni ordinamentali in materia di pubblica amministrazione.

Articolo 51

Tutela della salute dei non fumatori.

1. **È vietato fumare nei locali chiusi**, ad eccezione di:
 - a) quelli privati non aperti ad utenti o al pubblico;
 - b) quelli riservati ai fumatori e come tali contrassegnati.
2. Gli esercizi e i luoghi di lavoro di cui al comma 1, lettera b), devono essere dotati di impianti per la ventilazione ed il ricambio di aria regolarmente funzionanti ...
3. Negli esercizi di ristorazione, ai sensi del comma 1, lettera b), devono essere adibiti ai non fumatori uno o più locali di superficie prevalente rispetto alla superficie complessiva di somministrazione dell'esercizio.
5. Alle infrazioni al divieto previsto dal presente articolo si applicano le sanzioni di cui all'articolo 7 della legge 11 novembre 1975, n. 584, come sostituito dall'articolo 52, comma 20, della legge 28 dicembre 2001, n. 448.
...
9. Rimangono in vigore, in quanto compatibili, le disposizioni di cui agli articoli 3, 5, 6, 8, 9, 10 e 11 della legge 584/75.

Caratteristiche dei locali per fumatori

- ✓ devono essere contrassegnati come tali, separati da altri ambienti limitrofi dove è vietato fumare e delimitati da pareti a tutta altezza su quattro lati;
- ✓ devono essere dotati di ingresso con porta a chiusura automatica, abitualmente in posizione di chiusura;
- ✓ devono essere forniti di adeguata segnaletica;
- ✓ non devono rappresentare un locale obbligato di passaggio per i non fumatori.
- ✓ devono essere dotati di idonei mezzi meccanici di ventilazione forzata.
- ✓ all'ingresso deve essere indicato il numero massimo di persone ammissibili in base alla portata dell'impianto di ventilazione e di ricambio dell'aria;
- ✓ la superficie destinata ai fumatori negli esercizi di ristorazione deve comunque essere inferiore alla metà della superficie complessiva di somministrazione dell'esercizio.

Caratteristiche degli impianti di ventilazione e di ricambio dell'aria

- devono garantire una portata d'aria di ricambio supplementare esterna o immessa per trasferimento da altri ambienti limitrofi dove è vietato fumare;
- l'aria di ricambio supplementare deve essere filtrata;
- la portata di aria supplementare minima da assicurare è pari a 30 litri/secondo per ogni persona che può essere ospitata nei locali sulla base di un indice di affollamento pari allo 0,7 persone/mq;
- i locali per fumatori devono essere mantenuti in depressione non inferiore a 5 Pa (Pascal) rispetto alle zone circostanti;
- l'aria proveniente dai locali per fumatori non è riciclabile, ma deve essere espulsa all'esterno attraverso idonei impianti e funzionali aperture
- la progettazione, l'istallazione, la manutenzione ed il collaudo dei sistemi di ventilazione devono essere conformi alle disposizioni legislative e regolamentari vigenti in tema di sicurezza e di risparmio energetico, come pure alle norme tecniche dell'Ente italiano di unificazione (UNI) e del Comitato elettrotecnico italiano (CEI).

Cartellonistica

Locali per non fumatori

Sono previsti cartelli visibili che devono recare la scritta “VIETATO FUMARE” con l'indicazione della prescrizione di legge, delle sanzioni applicabili ai contravventori e dei soggetti cui spetta vigilare sull'osservanza del divieto e cui compete vigilare sull'osservanza del divieto e cui compete accertare le infrazioni.

Nelle strutture con più locali oltre al cartello precedente (da collocare nei luoghi di accesso o di particolare evidenza) sono adottabili cartelli con la scritta “VIETATO FUMARE”.

Locali per fumatori

Sono previsti cartelli con l'indicazione luminosa contenente la scritta “AREA PER FUMATORI”.

Tali cartelli sono integrati da altri cartelli luminosi recanti la dizione “VIETATO FUMARE PER GUASTO ALL'IMPIANTO DI VENTILAZIONE” (si devono accendere automaticamente in caso di mancato o inadeguato funzionamento degli impianti di ventilazione e determinano la contestuale esclusione della scritta “area riservata”).

Il locale non rispondente, anche temporaneamente, a tutte le caratteristiche tecniche di cui ai punti precedenti non è idoneo all'applicazione della normativa di cui all'art. 51 della legge 16 gennaio 2003 n.3.

I dirigenti preposti alle strutture amministrative e di servizio ovvero il responsabile della struttura privata, sono tenuti ad individuare, con atto formale, i locali della struttura cui sovrintendono, dove, ai sensi dei criteri prima citati, devono essere apposti i cartelli di divieto.

Spetta ad essi, quindi, predisporre o far predisporre i cartelli di divieto completi delle indicazioni fissate dalla direttiva: divieto di fumo; indicazione della norma che impone il divieto (legge n. 584/1975); sanzioni applicabili; **soggetto cui spetta vigilare sull'osservanza del divieto e ad accertare le infrazioni** (nominativo del funzionario preposto dal dirigente, con atto formale, alla vigilanza sul divieto di fumo nonché all'accertamento dell'infrazione nei locali ove è posto il cartello di divieto).

Detti funzionari, ove non ricevano riscontro dell'avvenuto pagamento da parte del trasgressore, hanno l'obbligo di fare rapporto all'autorità competente, che, come si è detto, è, nella maggior parte dei casi, il prefetto, affinché irroghi la sanzione.

Dalla Circolare del Ministero della Salute del 17 dicembre 2004, si riporta quanto segue:

Punto 4

...

«Per i locali condotti da soggetti privati, il responsabile della struttura, ovvero dipendente o collaboratore da lui incaricato, richiamerà i trasgressori all'osservanza del divieto e curerà che le infrazioni siano segnalate ai pubblici ufficiali ed agenti competenti a norma dell'art. 13 della legge 24 novembre 1981, n. 689».

Al riguardo si precisa che sui soggetti responsabili della struttura o sui loro delegati ricadono gli obblighi di:

- 1) richiamare formalmente i trasgressori all'osservanza del divieto di fumare;
- 2) segnalare, in caso di inottemperanza al richiamo, il comportamento del o dei trasgressori, ai pubblici ufficiali e agenti ai quali competono la contestazione della violazione del divieto e la conseguente redazione del verbale di contravvenzione.

Sarà loro cura anche esporre cartelli, ...

Agli organi di Polizia Locale, Carabinieri e Polizia di Stato spetterà il compito di effettuare i controlli ed applicare le sanzioni, sia di iniziativa che a seguito delle segnalazioni ricevute.

NUMERO DI RICAMBI ARIA PER AMBIENTE

Nella maggior parte dei casi è sufficiente riferirsi ai valori raccomandati nella seguente tabella che contempla numerosi tipi di ambienti, tenendo presente che la stessa si applica soprattutto nei climi temperati ed alle installazioni non destinate a condizioni particolari.

La norma UNI 10339:1995 è la disposizione tecnica più utilizzata in Italia e comprende indicazioni sul numero dei ricambi di aria per i diversi tipi di ambienti e sulle caratteristiche dei filtri per il trattamento dell'aria.

Tipo di ambiente	numero ricambi/ora	Tipo di ambiente	numero ricambi/ora
banche	2	locali di verniciatura	20
cinematografi	10	mense industriali	6
cucine di ristoranti	20	ospedali	5
chiese	1	piscine	20
bar	10	pizzerie friggitorie	25
fonderie	10	allevamenti stalle	8
servizi igienici	10	sale di ristoro	10
garage	6	sale da ballo	5
laboratori	5	sale riunioni	8
lavanderie tintorie	25	uffici	5

Negli uffici sono previsti rapporti aeranti 1/8 e un numero di ricambi d'aria orari $n \geq 5$.

Ventilazione forzata

I locali devono essere asserviti da impianti meccanici che garantiscano un certo numero di ricambi d'aria.

La ventilazione è così garantita:

- ✓ *dalla immissione di aria fresca;*
- ✓ *dalla estrazione dell'aria "usata"*
- ✓ *dal corretto bilanciamento di immissione ed estrazione dell'aria.*

Anche per la ventilazione forzata non esistono norme di legge che dettano parametri numerici per i diversi tipi di ambienti.

Ci si riferisce quindi ai regolamenti edilizi o alle norme tecniche nazionali e internazionali.

Gli impianti per la ventilazione forzata possono prevedere o meno il ricircolo dell'aria usata.

Sono necessarie delle verifiche periodiche della funzionalità dell'impianto che potrebbe non garantire nel tempo i parametri di progetto.

la soluzione impiantistica classica in cui il movimento dell'aria è realizzato con ventilatori, a volte inseriti in un sistema di condizionamento o trattamento dell'aria, che prelevano aria all'esterno dell'edificio e la distribuiscono utilizzando (almeno parzialmente) una canalizzazione.

Bisogna, in tal caso, ricordarsi che l'aria di rinnovo (o ricambio) viene spirata dall'esterno dell'edificio.

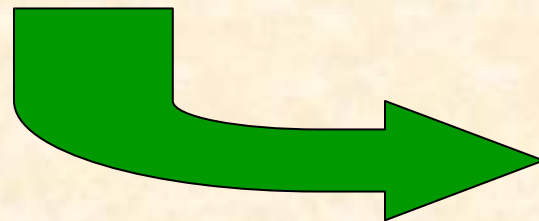
Questa aria esterna risulta più o meno inquinata.

Parimenti, anche nell'aria di ricircolo si riscontrano presenze più o meno accentuate di contaminanti.

Risulta quindi necessaria, l'installazione di filtri in fase di prelievo dell'aria, i quali hanno lo scopo di trattenere le impurità presenti.

I filtri sono classificati in 3 livelli di efficienza:

- Media (M),
- Alta (A)
- Altissima (AS).



**Ovviamente, i filtri vanno tenuti
sempre sotto controllo e
periodicamente sostituiti e
sanificati**

SBALZI TERMICI

Uno dei problemi connessi alla presenza di impianti di condizionamento è legato agli sbalzi termici subiti dai soggetti in entrata/uscita dall'ambiente condizionato.

E' infatti naturale che la temperatura del nucleo corporeo venga stabilita primariamente sulla base delle esigenze di chi vi svolge attività lavorativa e che vi permane per tempi lunghi.

Sbalzi termici elevati sono naturalmente possibili sia in inverno che in estate.

Tuttavia il notevole isolamento termico che caratterizza l'abbigliamento invernale riduce notevolmente la sensibilità a repentine variazioni della temperatura ambientale.

Le situazioni più critiche si presentano pertanto in corrispondenza di condizioni estive estreme nelle quali non è difficile creare differenziali dell'ordine di $10 \div 15^{\circ}\text{C}$ fra interno ed esterno, che possono preludere a danni per la salute.

Di conseguenza, si raccomanda di predisporre una zona di transizione non condizionata, anche di dimensioni limitate, nella quale mantenere condizioni termiche intermedie fra quelle esterne e quelle interne per permettere l'acclimatamento prima di entrare/uscire dal locale.

Potrebbe essere utile fare riferimento ad una semplice regola pratica, ossia:

impostare una temperatura pari alla metà di quella esterna più dieci gradi.

Esempio:

Se la temperatura esterna è di 30 gradi, devi ritenerti soddisfatto di avere una temperatura interna di 25 gradi ($30/2=15$, $15+10=25$).

T est.	T int.
38	29
35	28
32	26
30	25
28	24
26	23

Altra regola pratica generale

nella stagione calda la temperatura non dovrebbe essere inferiore di oltre 7°C da quella esterna; nelle altre stagioni si consiglia di mantenere la temperatura tra i 18 e i 20°C

Il documento fondamentale per la valutazione del comfort microclimatico in ambienti moderati è la norma tecnica UNI EN ISO 7730.

La procedura descritta in questo documento si fonda sull'esistenza di una relazione biunivoca fra bilancio energetico del corpo umano e sensazione termica, con associato comfort o discomfort.

Tale relazione individua la sensazione di massimo comfort in coincidenza con la condizione di omeotermia del corpo umano, mentre sensazioni di crescente discomfort risultano associate a condizioni via via più distanti dall'equilibrio.

$$S = M - W \pm R \pm C \pm K - E - C_{res} - E_{res}$$

S = Flusso netto

M = Metabolismo Energetico

W = Potenza Meccanica

R = Irraggiamento

C = Convezione

K = Conduzione

E = Evaporazione

E_{res} , C_{res} = Respirazione

La condizione ottimale ovviamente, risulta essere quella per la quale risulta S=0.

M = Calore prodotto dai processi metabolici

E' il calore prodotto dalla combustione di zuccheri grassi e proteine. Si misura in W/m² o in MET (...). E' legato all'attività svolta. E' pari o superiore a un valore minimo detto "basale".

Tipo di attività	Valore metabolico [W/m ²]	Valore metabolico [met]
Nessuna attività (dormire)	34	0.6
Nessuna attività (posizione sdraiata)	46	0.8
Nessuna attività (posizione seduta, rilassata)	58	1.0
Attività leggera sedentaria (ufficio, casa, scuola,...)	70	1.2
Attività leggera in piedi (compere, lavoro leggero)	93	1.6
Attività media in piedi (lavoro domestico, a macchina)	116	2.0
Attività media in piedi (camminare a 3 km/h)	140	2.4
Attività pesante (fare ginnastica)	174	3.0
Attività pesante (ballare)	290	5.0

1 MET = 58 W/m²

W = cessione di energia meccanica

Parte di energia prodotta che viene ceduta all'esterno sotto forma di energia meccanica. Ha sempre valore negativo. E' pari a zero per lavori sedentari.

C = convezione con l'aria ambiente

Dipende dalla temperatura dell'aria. Può assumere valore positivo o negativo. Parametro condizionato dal vestiario.

Capi di abbigliamento	clo
Giacca leggera	0,25
Camicia leggera a maniche lunghe	0,20
Pantaloni lunghi	0,25
Calzini	0,02
Mutande	0,03
Scarpe chiuse	0,04
Totale	0,79

Esempio di calcolo per la determinazione dell'indice CLO per un impiegato in ambiente di ufficio.
1 clo = $155 \text{ m}^2\text{°C/W} = 0,180 \text{ m}^2 \text{°C h/Kcal}$.

R = irraggiamento con i corpi che costituiscono l'ambiente

Dipende dalla temperatura dei corpi radianti presenti. Può assumere valore positivo o negativo. Parametro importante per gli indici di benessere.

K = conduzione rispetto ai corpi solidi con cui l'organismo si trova a contatto

Dipende dalla temperatura dei corpi a contatto con il soggetto (pavimento, attrezzatura ecc.). Può assumere valore positivo o negativo. Parametro condizionato dal vestiario (scarpe).

Cres = variazione di temperatura dell'aria respirata

Eres = variazione di umidità dell'aria respirata

Possono assumere valori positivi o negativi, a seconda dei valori di umidità e temperatura dell'aria

E = evaporazione a livello della cute

Per effetto della perdita inconscia di calore per evaporazione.

Norma UNI EN ISO 7730

La norma fissa l'attenzione non su condizioni microclimatiche ottimali, ma accettabili, definite tali dal gradimento espresso da un campione di persone, in definite condizioni di attività lavorativa e di vestiario.

Questa norma si pone l'obiettivo di definire se un ambiente risulta moderato o meno, attraverso il calcolo di 2 indici (INDICI DI FANGER), che sono l'indice **PMV (Predicted mean vote = voto medio previsto)** e l'indice **PPD (percentuale prevista di insoddisfatti – Predicted Percentage of Dissatisfied)**, i quali forniscono appunto la sensazione di disagio termico dei lavoratori negli ambienti presi in considerazione.

La norma associa questa situazione di disagio o di “discomfort locale” alla presenza di disomogeneità nel riscaldamento o raffreddamento del corpo umano, dovuti essenzialmente alla presenza di:

- 1) correnti d'aria;**
- 2) gradiente verticale di temperatura;**
- 3) pavimenti con temperatura eccessivamente alta o bassa;**
- 4) asimmetria radiante.**

Torniamo alla norma UNI ISO 7730 e agli indici di Fanger (PMV e PD) che forniscono una valutazione dell'accettabilità di un ambiente, a partire dal rilievo dei parametri di interesse (temperatura, umidità e velocità dell'aria).

Il concetto di base, si fonda sulla considerazione che le reazioni e le sensazioni di benessere, sono diverse da persona a persona. Sarà pertanto quasi impossibile creare un clima da tutti ritenuto confortevole.

Riuscire a soddisfare l'85% circa delle persone interessate, come indicato nella Norma ISO 7730, può essere considerato un risultato accettabile.

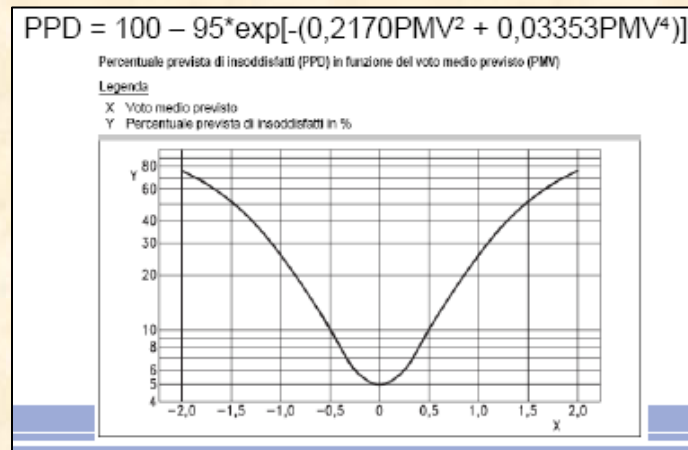
Al fine di quantificare la sensazione di comfort o discomfort in ambienti moderati, si utilizza una quantità nota come PMV, acronimo di Predicted Mean Vote (voto medio previsto), che esprime il giudizio medio di qualità termica relativo alle condizioni microclimatiche in esame, espresso in una scala di sensazione termica a 7 punti (-3 = molto freddo 0 = neutro +3 = molto caldo).

In questo modo si ha direttamente la percezione della qualità dell'ambiente termico.

- PMV (voto medio previsto dall'inglese "Predicted Mean Vote")
- PPD (percentuale prevista di insoddisfatti dall'inglese "Predicted Percentage of Dissatisfied", ossia la percentuale di persone che sentirebbe troppo caldo o troppo freddo in un certo ambiente) .

Voto	Sensazione termica
+3	Molto caldo
+2	Caldo
+1	Leggermente caldo
0	Neutro
-1	Leggermente freddo
-2	Freddo
-3	Molto Freddo

PPD



PMV

Quindi, il PMV (voto medio previsto) esprime il livello di gradimento del soggetto rispetto all'ambiente

La norma tecnica UNI EN ISO 7730 raccomanda di utilizzare gli indici PMV e PPD soltanto quando tutti i sei parametri ambientali e individuali coinvolti nel processo che ne consente il calcolo, risultano compresi nei relativi intervalli, indicati nella seguente tabella .

Quantità	Simbolo	Intervallo utile	Unità di misura
temperatura dell'aria	t_a	+10 ÷ +30	°C
temperatura media radiante	t_r	+10 ÷ +40	°C
pressione parziale del vapore acqueo	p_a	0 ÷ 2700	Pa
velocità relativa dell'aria	v_{ar}	0 ÷ 1	m/s
attività o dispendio metabolico	M	0,8 ÷ 4	met
isolamento termico del vestiario	I_{cl}	0 ÷ 2	clo

**L'uso degli indici PMV e PPD viene inoltre raccomandato soltanto fintantoché il valore dell'indice PMV stesso risulta compreso all'intervallo [-2 +2].
Ciò a causa del fatto che all'esterno di tale intervallo (percentuale prevista di insoddisfatti oltre il 75%) l'associazione del PMV con la sensazione di confort termico non è adeguatamente supportata da evidenze sperimentali.**

Norma UNI EN ISO 7730: Valutazione della condizione microclimatica in base al valore di PMV e PPD

	BUONO	ACCETTABILE	INSUFFICIENTE	GRAVEMENTE INSUFFICIENTE
PMV	$-0,20 \div +0,20$	$-0,50 \div -0,20$ $+0,20 \div +0,50$	$-0,70 \div -0,50$ $+0,50 \div +0,70$	$\leq -0,70$ $\geq +0,70$
PPD	$\leq 6\%$	$> 6\%$ $\leq 10\%$	$> 10\%$ $\leq 15\%$	$> 15\%$

In definitiva, la norma UNI EN ISO 7730, ritiene che un ambiente risulti accettabile per il benessere, se la sensazione termica soddisfa almeno il 90% delle persone.