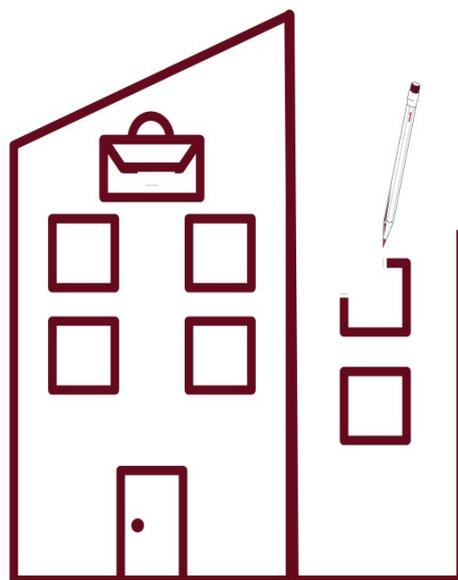


# Documento di indirizzo per la salubrità e sostenibilità di edifici ad uso lavorativo generico

Versione dicembre 2022

Strumento per  
la fase di progettazione

Qualità ambientale



**A cura di:**

**Adda Sara** - ARPA Piemonte - Dipartimento rischi fisici e tecnologici

**Buonanno Michele** - Ordine degli Ingegneri della provincia di Torino – AIDII sez. N.O.

**Caudullo Giorgio Maria** – Progetto Ambiente e Salute - Regione Piemonte

**Cavallaro Mario** – ARPA Piemonte – Laboratorio specialistico Nord Est

**Falzone Marilisa** - Progetto Ambiente e Salute - Regione Piemonte

**Magnoni Mauro** - ARPA Piemonte - Dipartimento rischi fisici e tecnologici

**Marocco Cristina** - Ordine degli Ingegneri della provincia di Torino

**Mauro Maria Luigia** - Progetto Ambiente e Salute - Regione Piemonte

**Moro Andrea** - IISBE Italia

**Pastore Raffaella** - Regione Piemonte - Direzione Sanità e Welfare - Settore Prevenzione, Sanità Pubblica Veterinaria e Sicurezza Alimentare

**Pettazzi Carla** - Ordine Ingegneri della provincia di Asti

**Ripetta Silvia** - Regione Piemonte - Direzione Sanità e Welfare - Settore Prevenzione, Sanità Pubblica Veterinaria e Sicurezza Alimentare

**Rivetti Daniela** - Azienda sanitaria locale di Asti – Struttura Igiene e Sanità Pubblica

**Seren Tha Massimiliano** - Ordine degli Ingegneri della provincia di Torino

**Stefanetti Mariavittoria** - ARPA Piemonte - Laboratorio specialistico Nord Est

**Stroscia Morena** – collab.- Regione Piemonte - Direzione Sanità e Welfare - Settore Prevenzione, Sanità Pubblica Veterinaria e Sicurezza Alimentare

**Tura Pierangelo** - ARPA Piemonte - Dipartimento rischi fisici e tecnologici

**Verra Ivano** - Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti e Conservatori provincia di Torino

**Vidotto Fabio** - Ordine degli Ingegneri della provincia di Asti

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>Impatto sulla salute degli edifici e delle aree costruite.....</b>	<b>4</b>
<b>Il piano di prevenzione.....</b>	<b>8</b>
<b>Il contesto piemontese.....</b>	<b>9</b>
<b>Scopo del documento.....</b>	<b>10</b>
<b>Caratterizzazione del documento.....</b>	<b>11</b>
<b>Raccolta delle SCHEDE.....</b>	<b>12</b>
<b>CATEGORIA: Qualità dell'aria.....</b>	<b>13</b>
CRITERIO: Concentrazione formaldeide.....	13
CRITERIO: Concentrazione inquinanti chimici.....	16
<b>CATEGORIA: Ventilazione.....</b>	<b>19</b>
CRITERIO: Ventilazione e qualità dell'aria.....	19
CRITERIO: Concentrazione Radon.....	26
<b>CATEGORIA: Benessere termoigrometrico.....</b>	<b>29</b>
CRITERIO: Comfort termico estivo in ambienti climatizzati.....	29
CRITERIO: Temperatura operativa nel periodo estivo.....	33
CRITERIO: Comfort termico invernale in ambienti climatizzati.....	37
<b>CATEGORIA: Benessere visivo.....</b>	<b>41</b>
CRITERIO: Illuminazione naturale.....	41
CRITERIO: Vista verso l'esterno.....	50
<b>CATEGORIA: Benessere acustico.....</b>	<b>53</b>
CRITERIO: Indicatori di comfort acustico.....	53
CRITERIO: Qualità acustica dell'edificio.....	61
<b>CATEGORIA: Inquinamento elettromagnetico.....</b>	<b>69</b>
CRITERIO: Campi magnetici a frequenza industriale (50 Hz).....	69
<b>CATEGORIA: Rischi biologici.....</b>	<b>71</b>
CRITERIO: Rischio legionellosi impianti idrosanitari.....	71
CRITERIO: Rischio legionellosi impianti aeraulici.....	80
<b>Raccolta dei MANUALI.....</b>	<b>88</b>
<b>CATEGORIA: Qualità dell'aria.....</b>	<b>89</b>
CRITERIO: Concentrazione formaldeide.....	89
CRITERIO: Concentrazione contaminanti chimici.....	91
<b>CATERGORIA: Ventilazione.....</b>	<b>95</b>
CRITERIO: Ventilazione e qualità dell'aria.....	95
CRITERIO: Concentrazione radon.....	107
<b>CATEGORIA: Benessere termoigrometrico.....</b>	<b>114</b>
CRITERIO: Comfort termico.....	114
<b>CATEGORIA: Benessere visivo.....</b>	<b>123</b>
CRITERIO: Illuminazione naturale.....	123
CRITERIO: Vista verso l'esterno.....	137
<b>CATEGORIA: Benessere acustico.....</b>	<b>144</b>
CRITERIO: Indicatori di comfort acustico.....	144
CRITERIO: Qualità acustica dell'edificio.....	149
<b>CATEGORIA: Inquinamento elettromagnetico.....</b>	<b>152</b>
CRITERIO: Campi magnetici a frequenza industriale.....	152
<b>CATEGORIA: Rischi biologici.....</b>	<b>158</b>
CRITERIO: Rischio legionellosi.....	158

# INTRODUZIONE

## Impatto sulla salute degli edifici e delle aree costruite

Negli ultimi anni, in ambito edilizio si pone sempre maggiore interesse al concetto di *Green Buildings* (ovvero edilizia verde), indicando una particolare attenzione all'utilizzo di materiali ed approcci, che da una parte minimizzano gli effetti avversi delle costruzioni sull'ambiente, e dall'altra promuovono sostenibilità ed efficienza delle risorse.

Secondo una definizione fornita dalla US Environmental Protection Agency (EPA), *“l'edilizia verde è la pratica di creare strutture ed utilizzare processi che siano responsabili dal punto di vista ambientale ed efficienti relativamente all'utilizzo delle risorse lungo tutto il ciclo di vita dell'edificio sin dalla scelta del sito, la costruzione, messa in opera, fino al mantenimento, rinnovo e smantellamento”*.

Attualmente esistono più di 31 programmi di certificazione per l'edilizia eco-compatibile e 55 schemi all'interno di questi programmi in più di 30 paesi nel mondo, alcuni con lo scopo di promuovere il miglioramento della qualità dell'aria negli spazi confinati (indoor air quality o IAQ) per salute degli occupanti.

Analogamente all'edilizia verde, la qualità dell'aria in ambienti confinati non è supportata da definizioni standardizzate o universalmente riconosciute. In linea di massima la qualità dell'aria indoor è correlata agli inquinanti (biologici, chimici e fisici) presenti negli ambienti confinati e che possono avere un impatto sulla salute degli occupanti.

La IAQ viene considerata come una sottoclasse della qualità ambientale in ambienti confinati (Indoor Environment Quality IEQ) che dipende da fattori come l'illuminamento, l'ergonomia, l'acustica e la temperatura, in aggiunta agli inquinanti. Essa costituisce quindi un indicatore generico delle condizioni a cui saranno sottoposti gli abitanti dell'edificio.

Il progetto e lo sviluppo dovrebbero dunque:

- assicurare la **qualità del progetto**, della costruzione, dell'operatività e delle pratiche di manutenzione;
- considerare gli **aspetti estetici**, inclusa l'importanza della vista e l'integrazione degli elementi naturali;
- fornire controllo sul **comfort termico** per gli occupanti, quando possibile;
- fornire livelli e qualità di ventilazione;
- prevenire l'insorgenza di patogeni aero-dispersi, muffe ed altri funghi tramite una progettazione che gestisce le **fonti di umidità** interne ed esterne all'edificio;
- utilizzare **materiali** da costruzione e di finitura **che non emettano inquinanti**;
- utilizzare materiali **fonoassorbenti/fonoisolanti** allo scopo di creare l'ambiente acustico ottimale.

L'abitato e gli edifici sono una materia centrale nelle attività della sanità pubblica, specificamente per i requisiti igienico-sanitari, l'approvvigionamento idrico, la raccolta e lo smaltimento delle acque reflue e dei rifiuti, la collocazione urbanistica, che sono riconosciuti come “determinanti” ambientali di salute.

L'evoluzione dello scenario epidemiologico ed ambientale induce a considerare fra i determinanti di salute anche aspetti di biocompatibilità affinché la composizione dei caratteri dell'edificio sia rivolta al miglioramento delle condizioni complessive del sistema ambientale all'interno del quale si inserisce e la cui qualità è strettamente connessa al benessere dell'individuo (eco-compatibilità).

Le modalità con cui l'ambiente costruito può influenzare la salute dell'uomo riguardano aspetti legati all'ambiente interno, all'involucro dell'edificio e all'ambiente esterno.

I determinanti della salubrità degli edifici sono stati ricondotti, in letteratura, ad alcuni macro aggregati:

- **riscaldamento**: il riscaldamento inadeguato è stato associato con eccessi di mortalità e morbosità nella stagione invernale;
- **luce naturale**: l'illuminazione è storicamente riconosciuta come un requisito edilizio fondamentale. Una fenestrazione capace di garantire luce naturale e visuale sull'esterno appare in grado di favorire il benessere e l'umore degli occupanti,
- **inquinanti indoor**: la qualità dell'aria indoor è determinata dall'accumulo di inquinanti, sia provenienti dall'esterno dell'edificio (ad es. inquinamento atmosferico, radon, etc.), che provenienti dalla costruzione stessa e dall'uso che ne fanno i suoi occupanti (ad es. amianto da materiali di costruzione, formaldeide da arredi, muffe, acari e allergeni vari, microrganismi da impianti di condizionamento, fumo di sigaretta, prodotti di combustione di fornelli e impianti di riscaldamento, detersivi, profumatori, tessuti, insetticidi. etc.). L'accumulo più o meno importante degli inquinanti ambientali indoor è fortemente condizionata dal grado di ventilazione e dal numero di ricambi d'aria.

Amianto, radon e formaldeide sono cancerogeni per il polmone e il mesotelio. Muffe, acari e allergeni contribuiscono alla sensibilizzazione in soggetti predisposti. Umidità e muffe sono strettamente associati a patologie respiratorie ed allergie, soprattutto fra i bambini. La presenza degli acari è condizionata dalla ventilazione, dalla temperatura, dall'umidità e dalla pulizia degli ambienti.

Assicurando una buona ventilazione, l'inquinamento indoor, nelle sue molteplici forme, può essere tenuto sotto controllo. La ventilazione è funzione del numero e della superficie delle aperture verso l'esterno, della loro collocazione, della differenza di temperatura tra esterno e interno, dall'adozione di eventuali sistemi di ventilazione sussidiaria e del comportamento degli occupanti (gli accorgimenti di coibentazione termica finalizzati al risparmio energetico non garantiscono ricambi d'aria sufficienti se le finestre non vengono periodicamente aperte dagli occupanti);

- **rumore**: il disturbo provocato dal rumore può indurre insonnia, cefalea, irritabilità, difficoltà di concentrazione, stress, fino ad ictus ed infarto acuto del miocardio;
- **sovraffollamento**: facilita la trasmissione delle malattie infettive all'interno del nucleo abitativo, come recentemente evidenziato nel corso della pandemia da SARS-CoV-2, ma anche precedentemente era stato dimostrato un incremento di rischio per la tubercolosi e altre malattie infettivo-diffusive; alcuni studi suggeriscono una relazione fra patologie degenerative dell'età adulta e condizioni di sovraffollamento in età infantile;

- barriere architettoniche: un terzo degli incidenti domestici è legato a problemi strutturali. Le persone anziane sono a maggior rischio per i traumatismi da caduta, i quali possono essere controllati attraverso un approccio integrato che comprende l'abbattimento delle barriere architettoniche (scale, sporgenze, strettoie, pavimentazione sdruciolevole);
- impianti tecnologici: il cattivo funzionamento dell'impianto termico ed elettrico può causare incidenti domestici anche gravi (intossicazioni, incendi, folgorazioni e ustioni). I campi elettromagnetici a bassa frequenza sono stati classificati come possibili cancerogeni, associati ad alcuni tumori ed alle leucemie infantili;
- approvvigionamento idrico: l'approvvigionamento con acqua di cattiva qualità può indurre problemi di salute legati a contaminanti specifici (contaminazione microbiologica, piombo, anti-parassitari). L'impianto idrico può essere contaminato da Legionelle e determinare una grave forma di polmonite (legionellosi).

In letteratura è stato riconosciuto un quadro sintomatologico definito come **“la sindrome dell'edificio malato”** (*sick building syndrome*) la cui eziologia, probabilmente multifattoriale, è stata prevalentemente ricondotta ad una ventilazione inadeguata e all'accumulo in ambiente indoor di sostanze irritanti, oltre che a condizioni microclimatiche sfavorevoli.

Molti composti chimici presenti nell'aria indoor sono noti o sospettati di causare irritazione o stimolazione dell'apparato sensoriale e possono dare vita a un senso di disagio e ad altri sintomi. Molti studi hanno focalizzato l'attenzione sull'inquinamento indoor confermandone l'elevato impatto sociale ed economico.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) nel documento *Burden of Disease from Household Air Pollution for 2012*, riporta che l'inquinamento domestico ha causato 4,3 milioni di decessi (99.000 nei paesi europei a basso reddito); mentre le morti dovute ad inquinamento outdoor nel 2012 sono risultate di 3,7 milioni.

Il 34% delle morti è stato dovuto a ictus, il 26% a cardiopatia ischemica ed il 22% per broncopneumopatia cronica ostruttiva. Malattie acute delle vie aeree inferiori e cancro al polmone hanno contribuito rispettivamente per il 12% ed il 6% dei decessi.

Nel maggio 2018 la WHO ha pubblicato un comunicato (<https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/household-air-pollution-and-health>). In esso si stima che circa 3 miliardi di individui utilizzino combustibili solidi a scopo di cottura e riscaldamento. Da ciò deriverebbero 3,8 milioni di decessi all'anno attribuibili all'inquinamento indoor. Queste pratiche, maggiormente diffuse nei paesi e nei quartieri a basso reddito, vedono come soggetti maggiormente esposti le donne ed i bambini che trascorrono la maggior parte del loro tempo al focolare domestico. Questi decessi sono dovuti alle seguenti patologie:

- 27% polmonite
- 18% ictus
- 27% cardiopatia ischemica
- 20% broncopneumopatia cronica ostruttiva
- 8% cancro del polmone

In Italia l'Accordo 27 settembre 2001 "Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati" forniva la stima di carico di malattia attribuibile all'inquinamento indoor riportata nella seguente tabella:

<b>Inquinante</b>	<b>Malattia</b>	<b>Impatto sanitario</b>	<b>Costi diretti (Mln di euro)</b>
Allergeni (acari, muffe, forfore animali)	Asma bronchiale bambini/adolescenti	> 160.000 casi prevalenti/anno	> 83
Radon	Tumore del polmone	1.500-6.000 decessi/anno	27-109
Fumo di tabacco ambientale	Asma bronchiale bambini/adolescenti	> 30.000 casi prevalenti/anno	> 15
	Infezioni acute vie aeree superiori	> 50.000 nuovi casi/anno	non valutabile
	Tumore del polmone	> 500 decessi/ anno	> 90
	Infarto miocardio	> 900 decessi/ anno	> 77
Benzene	Leucemia	36-190 casi/anno	0,5-3,5
CO	intossicazione acuta	> 200 decessi/ anno	0,5

I dati sopra esposti evidenziano come la problematica della qualità degli ambienti indoor sia tutt'altro che secondaria per quanto riguarda la difesa della salute.

Recentemente l'attenzione della letteratura si è concentrata inoltre sulla relazione fra l'ambiente e la salute e sul contributo che la costruzione degli edifici può portare alla compromissione dell'ambiente.

La relazione ambiente – salute può essere analizzata in quattro settori più urgenti, ovvero il cambiamento climatico, l'alterazione della biodiversità, le risorse idriche e gli impatti dell'inquinamento sulla salute:

- cambiamento climatico: è in grado di determinare alluvioni, ondate di calore, incidenti, neoplasie cutanee;
- alterazione della biodiversità: causa lo sviluppo di specie nocive (es. zanzare) vettori di agenti microbici;
- risorse idriche: l'ambiente costruito può essere causa di carenza (anche relativa) di acqua potabile per eccessivo sfruttamento della risorsa;
- inquinamento soprattutto atmosferico: è un determinante accertato di malattie respiratorie, tumori ed eccessi di mortalità.

L'impatto ambientale di un edificio passa attraverso il consumo di energia elettrica per condizionamento e illuminazione, riscaldamento, consumo di materiali, ecc.

Si riportano alcuni esempi:

- il riscaldamento e l'illuminazione degli edifici assorbono la maggior parte dell'energia prodotta (42%, di cui il 70% per il riscaldamento) e producono il 35% delle emissioni complessive di gas serra. In Italia nel 2001 la produzione di elettricità per il riscaldamento ha comportato 2.550 decessi e 23.000 casi di malattie gravi;

- gli edifici e l'ambiente costruito utilizzano la metà dei materiali estratti dalla crosta terrestre e producono ogni anno 450 milioni di tonnellate di rifiuti da costruzione e da demolizione, ossia più di un quarto di tutti i rifiuti prodotti.

Le aree urbane sono considerate vere e proprie “isole di calore”: una stima approssimativa, effettuata in Inghilterra, suggerisce che il 40% delle morti causate dall'aumento della temperatura (ondate di calore) potrebbe essere attribuito all'isola di calore.

L'aumento della temperatura in associazione con un elevato indice di affollamento, come si registra generalmente nelle grandi città, è anche causa di effetti stressanti. Alcuni autori, infatti, hanno dimostrato che la contemporanea presenza di calore, affollamento e rumore aumenta la reazione di stress da vicinanza innescando pericolosi fenomeni di aggressività.

## **Il piano di prevenzione**

Il Piano Nazionale di Prevenzione 2014-2018 ha introdotto, tra gli obiettivi di prevenzione da conseguire in materia di impatto ambiente-salute, anche la redazione di linee di indirizzo per la costruzione di edifici in chiave bio-eco-compatibile.

Il Piano Regionale di Prevenzione 2014-2018 (prorogato al 2019), approvato con DGR 25-1513 del 3 giugno 2015, ha recepito tale obiettivo prevedendo un percorso di coinvolgimento di competenze sanitarie, tecniche ed ambientali al fine di integrare l'esigenza di salubrità e benessere indoor degli edifici con criteri di sicurezza e sostenibilità ambientale, con particolare riferimento agli edifici ad uso lavorativo.

Nel 2016 è stato quindi costituito un tavolo di lavoro regionale multidisciplinare e multi professionale composto da rappresentanze di direzioni regionali e portatori di interesse:

- Direzione Ambiente - Settore Progettazione Strategica e Green Economy;
- Direzione Competitività - Settore Sviluppo energetico sostenibile;
- Direzione Opere Pubbliche Difesa del suolo, Montagna, Foreste, Protezione civile, Trasporti e Logistica - Settore infrastrutture e Pronto intervento;
- Direzione Sanità - Settore Prevenzione e Veterinaria;
- Ordine Ingegneri della Provincia di Torino;
- Ordine Ingegneri della Provincia di Asti;
- Collegio dei geometri della Provincia di Torino;
- Ordine Architetti della Provincia di Torino;
- ARPA - Igiene Industriale;
- ARPA Laboratorio Specialistico Nord-Ovest (Novara);
- ASL AT- Dipartimento di Prevenzione;
- Associazione Italiana degli Igienisti Industriali;
- IISBE Italia;
- Gruppo Biologi del progetto “Ambiente e salute”.

La prima bozza del presente documento, completata nel 2019, è stata successivamente sottoposta ad una fase di revisione aperta a diversi portatori di interesse. I lavori, interrotti dal sopraggiungere

dell'emergenza epidemiologica da COVID-19, sono stati ripresi e completati nel 2022, rispondendo anche all'obiettivo dell'azione 9.6 del nuovo PRP 2020-2025, dal titolo: "Linee di indirizzo regionali per il miglioramento della salubrità e sostenibilità degli edifici".

## **Il contesto piemontese**

Il contenimento del consumo di suolo costituisce una delle principali politiche territoriali della Regione Piemonte perseguite a livello regionale. Negli ultimi anni sono state promosse politiche di valorizzazione del territorio e di recupero del patrimonio edilizio fornendo agli Enti Locali ed ai cittadini strumenti legislativi, nonché studi e ricerche mirate, corsi di formazione degli operatori del settore, utili ad operare nel campo del recupero.

L'esigenza di un attento controllo finalizzato al **contenimento del consumo di suolo** è un elemento presente sia nella legislazione urbanistica regionale, sia nei nuovi strumenti di pianificazione territoriale e paesaggistica di cui il Piemonte si è dotato negli ultimi anni.

In proposito merita d'essere segnalata la L.R. 3 del 25.03.2013 "Modifiche alla legge regionale 5 dicembre 1977, n. 56 (Tutela ed uso del suolo) e ad altre disposizioni regionali in materia di urbanistica ed edilizia", che assegna agli strumenti di pianificazione, ai diversi livelli, il compito di assicurare lo **sviluppo sostenibile** del territorio.

La Regione Piemonte si è dotata di piani territoriali e paesistici e di regolamenti e dal 2009, inoltre, ha adottato il **Protocollo ITACA** "Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale" come strumento di valutazione per la sostenibilità energetico ambientale di diversi piani e programmi di edilizia residenziale, nell'ambito dei procedimenti per il rilascio delle autorizzazioni alle grandi strutture di vendita, per gli edifici scolastici e così via.

Il protocollo ITACA è di sicuro interesse metodologico per l'ampio numero di variabili in cui spazia:

- **5 Aree di valutazione:**

- A – Qualità del Sito
- B – Consumo delle Risorse
- C – Carichi Ambientali
- D – Qualità Ambientale Indoor
- E – Qualità del servizio

- **18 Categorie**

- **37 Criteri**

L'impianto valutativo si basa su **criteri prestazionali quantificabili e misurabili** e ciò rappresenta un importante valore aggiunto nella spinta alla realizzazione di ambienti salutaris ed edifici poco impattanti. Tuttavia, la complessità di alcuni criteri ne limita l'utilizzo se non in casi selezionati.

Dal 2006 i servizi dei Dipartimenti di Prevenzione della Regione Piemonte utilizzano la DGR 16 gennaio 2006 n. 30-1995, quale strumento per indirizzare e regolamentare la costruzione dei fabbrici

cati destinati ad attività lavorative nel rispetto della normativa di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro. A distanza di anni e a seguito delle modifiche introdotte dal D.Lgs 81/08, un gruppo di lavoro costituito da rappresentanze dei Dipartimenti di Prevenzione delle ASL AT, AL e CN2 ha sottoposto a revisione critica la DGR e ha redatto una nuova bozza di “*Requisiti per la nuova edificazione, la ristrutturazione e l’ampliamento di fabbricati destinati ad attività lavorative*”.

Tale documento, tuttavia, si basa su parametri igienico-sanitari codificati, per lo più di carattere strutturale. Il tavolo di lavoro multidisciplinare ha quindi ritenuto di sfruttare le potenzialità derivanti dall’integrazione di diversi stakeholder per condividere, capitalizzare e mettere a sistema le esperienze in campo in tema di eco-compatibilità e formulare uno strumento atto ad identificare buone pratiche e indicare obiettivi prestazionali per la salubrità e sostenibilità di un edificio.

## **Scopo del documento**

Il tavolo di lavoro, durante i primi momenti di confronto, ha evidenziato alcune esigenze che il documento di indirizzo dovrebbe soddisfare:

- aumentare la consapevolezza: esiste un ampio bagaglio di evidenze scientifiche e conoscenze tecniche a supporto dei benefici che la progettazione adeguata di un edificio può avere su salute, benessere e produttività degli occupanti; il documento dovrebbe stimolare l’utilizzo di tali informazioni nel processo decisionale di committenti e professionisti;
- facilitare la progettazione: il documento dovrebbe fornire indirizzi, criteri, esempi e richiami a norme e documenti tecnici capaci di supportare diffusamente la progettazione nelle casistiche più frequenti;
- raggiungere un target vasto: la progettazione di un edificio può coinvolgere una vasta platea di professionisti, con diverse conoscenze, competenze e ruoli; il documento dovrebbe fornire indirizzi a tutti gli attori coinvolti nella stesura del progetto, nelle verifiche e nei controlli;
- assistere la valutazione tecnico-discrezionale: l’esigenza di recuperare il patrimonio edilizio esistente richiede in più occasioni di progettare in presenza di vincoli; si rendono pertanto necessarie quelle che la norma definisce “valutazioni tecnico discrezionali” o “deroghe”; il documento dovrebbe guidare la scelta di soluzioni prestazionali adeguate, ai fini della tutela della salute e dell’ambiente, in situazioni strutturalmente complesse.

Il tavolo ha convenuto di focalizzare l’attenzione su edifici a generica destinazione d’uso lavorativa che prevedono cioè, anche in modo non esclusivo, la presenza di lavoratori; ad esempio:

- edifici a destinazione d’uso commerciale (bar, ristorazioni, strutture ricettive, uffici, luoghi per lo svago e la ricreazione, magazzini, ecc);
- edifici a destinazione d’uso produttiva purché i processi produttivi non vincolino la qualità ambientale (si escludono perciò fabbriche, officine, stoccaggi rifiuti, allevamenti, ecc).

Sono stati inoltre esclusi dai lavori del tavolo quegli edifici regolati da norme tecniche specifiche e inderogabili in forza della particolare attività che vi si svolge (ad esempio strutture sanitarie e residenze socio-assistenziali).

Il documento “Protocollo ITACA Edifici pubblici” costituisce un’utile base di partenza in quanto contiene una vasta serie di criteri, relativi a tutte le 5 aree di valutazione, applicabili ad una gamma di destinazioni d’uso per lo più compatibili con le definizioni di cui sopra: edifici per uffici, edifici per attività ricreative e sportive.

È stata sviluppata con particolare attenzione l’area “D – Qualità Ambientale indoor”, in quanto di grande interesse per la salute collettiva ma anche per l’ambiente in relazione al consumo di energia elettrica per condizionamento e illuminazione, riscaldamento, consumo di materiali, ecc.

Allo scopo di aumentare la consapevolezza e facilitare la progettazione, alle schede sviluppate secondo il protocollo Itaca è allegato il “manuale” descrittivo finalizzato a comprendere il motivo degli indirizzi costruttivi indicati nelle schede, fornire suggerimenti, riferimenti tecnici ed esempi applicativi.

## **Caratterizzazione del documento**

### ***La Scheda***

La scheda di ogni area tematica, è indirizzata al progettista ed al valutatore. Riporta nel titolo l’oggetto della valutazione, lo scopo della valutazione stessa, espressa come esigenza, ed i criteri di valutazione con relativa scala prestazionale. A seguire una breve spiegazione dei metodi e degli strumenti di verifica indicati per l’area tematica di riferimento.

### ***Il Manuale***

Alla luce della complessità tecnica degli argomenti trattati e delle tecniche suggerite nelle diverse aree del protocollo ITACA, il manuale si propone come un vademecum esplicativo di natura sicuramente non esaustiva ma compendiarica.

Il manuale, a corredo di ogni scheda tematica, è un testo costituito da tre sezioni distinte:

- *Inquadramento sanitario ed ambientale*
- *Approfondimenti*
- *Informazioni utili*

# Raccolta delle SCHEDE

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D1.11</b>
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Qualità dell'aria</b>		
<b>CRITERIO: Concentrazione formaldeide</b>		

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor: Spazi di lavoro, abitazioni, interni edifici pubblici (es. ospedali, asili, scuole, teatri, cinema, ristoranti, biblioteche, ecc...)	D1 Qualità dell'aria	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Nella emissione dei materiali, ridurre l'esposizione alla formaldeide favorendo l'uso di prodotti da costruzione e finitura certificati a bassa emissione.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITÀ DI MISURA	
Indice di categoria della qualità dell'aria interna. Intervallo di concentrazione	mg/m <sup>3</sup>	
SCALA DI PRESTAZIONE		
	mg/m <sup>3</sup>	Punti
NEGATIVO	> 3	-1
SUFFICIENTE	>0,60=3	1
BUONO	>0,1 =0,60	3
OTTIMO	< 0,1	5

### Metodo e strumenti di verifica

Si consigliano prodotti senza colle, come ad esempio per i truciolari applicando la materia prima a caldo facendo in modo che le particelle aderiscano tra loro con il raffreddarsi della stessa materia (senza aiuti chimici).

In altri casi limitare l'uso delle colle alle sole parti di materia diversa e/o per fare aderire dei rivestimenti (es. tipo le ante dei mobili).

Non possono essere messi in commercio prodotti con concentrazione di equilibrio di formaldeide che superano il Valore di 0.1 ppm (0.124 mg/mc).

Ricordiamo i rapporti delle diverse tipologie di unità di misura che si possono incontrare:

0,1 ppm (parti per milione) = 0,1 milligrammi/mc = 100 microgrammi/mc

### Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

Le sostanze organiche sono classificate in base al loro **punto di ebollizione**. Più basso è il punto di ebollizione, più volatile è questa sostanza. I TVOC (*Total Volatile Organic Compounds* = Composti Organici Volatili Totali) sono un importante gruppo di sostanze organiche.

I prodotti devono avere una **dichiarazione di conformità** che ne attesti la rispondenza alla classe E1, come da normativa, e nella verifica di calcolo è necessario comunque considerare n. 0,5 ricambi d'aria per ora.

Tutti i tipi di pannello devono presentare emissioni minori o uguali a 0,124 mg/mc aria e tale valore fa riferimento alla normativa UNI EN 717-1.

I pannelli grezzi di particelle, di MDF o di OSB devono avere un contenuto di formaldeide minore o uguale a 8 mg/100 g di pannello essiccato in forno, misurato con il metodo UNI EN 120.

Tutti gli altri tipi di pannello, compresi quelli verniciati, nobilitati o placcati, devono presentare emissioni minori o uguali a 3,5 mg/mq h, se misurate con il metodo UNI EN 717-2.

I pannelli di classe E1 (a basse emissioni) possono essere quindi utilizzati senza causare una concentrazione di equilibrio nell'aria della camera di prova (definita nella norma UNI EN 717-1) mag-

giore di 0,1 ppm, limite raccomandato dall’Organizzazione Mondiale della Sanità per gli ambienti di vita e soggiorno.

Il criterio D1.11 richiede di verificare i valori di emissione di formaldeide (Composto Organico Volatile in classe di composti “Aldeidi”, v. D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152) in relazione alle seguenti categorie di prodotti per finiture interne individuate dal D.M. 11 ottobre 2017:

- pitture e vernici;
- schiume isolanti;
- pavimentazioni e rivestimenti in legno (es. truciolati, mdf, ecc...);
- tessili per pavimentazioni e rivestimenti;
- laminati e pannelli per pavimentazioni e rivestimenti.

Per ogni prodotto suddetto la verifica dei valori di formaldeide si basa sulla classe di emissione dichiarata dall’etichetta di prodotto (classe A+, A, B, C).

Tra le categorie di prodotti per finiture interne, per rivestimenti si intendono anche i controsoffitti.

La verifica dell’emissione di formaldeide è estesa a tutti gli ambienti che compongono l’edificio, ad esclusione degli ambienti in cui non c’è permanenza di persone (p.e. depositi, magazzini, locali tecnici) e non considera gli elementi di arredo mobile negli ambienti.

1. Verificare per ogni prodotto da finitura la classe di emissione di formaldeide riportata sull’etichetta di prodotto (classe A+, A, B, C).
2. Assegnare ad ogni prodotto l’indice numerico di categoria  $Z_{p,i}$  secondo la seguente tabella:

<b>Classe di emissione formaldeide</b>	<b>Emissione formaldeide [µg/m3]</b>	<b>Indice di categoria <math>Z_{p,i}</math></b>
A+	< 10	5
A	< 60	3
B	< 120	0
C		- 1

**Tabella D1.4.a– Relazione tra classe di emissione e indice  $Z_{p,i}$  del prodotto i-esimo.**

Nel caso un prodotto non sia dotato di etichettatura di emissione, assegnare il valore -1 all’indice  $Z_{p,i}$  corrispondente.

3. Calcolare il valore  $Z_m$  riferito complessivamente all’edificio come media pesata degli indici  $Z_{p,i}$  assegnati ai prodotti da finitura rispetto alle superfici  $S_{p,i}$  interessate dalla posa o stesura di ogni prodotto considerato:

$$Z_m = \frac{\sum (Z_{p,i} \cdot S_{p,i})}{\sum S_{p,i}}$$

dove:

$Z_{p,i}$  = indice di categoria del prodotto i-esimo, [-];

$S_{p,i}$  = superficie totale di posa/stesura del prodotto i-esimo in tutto l’edificio, [m<sup>2</sup>].

4. Confrontare il valore medio dell’indice di categoria  $Z_m$  con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

### Normativa di riferimento

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale.
- Decreto 11/01/2017. Adozione dei criteri minimi per gli arredi per interni, per l'edilizia e per oi prodotti tessili.
- D.M. 11 ottobre 2017 - Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici. Allegato - Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione.
- Decreto 10 ottobre 2008. Disposizioni atte a regolamentare l'emissione di aldeide formica da pannelli a base di legno e manufatti con essi realizzati in ambienti di vita e soggiorno.
- UNI EN 717-3: 1997. Pannelli a base di legno. Determinazione del rilascio di formaldeide – parte 1, Emissione formaldeide con il metodo dell'emissione in vaso.
- UNI EN ISO 12460-1: 2004. Pannelli a base di legno. Determinazione del rilascio di formaldeide – parte 1, Emissione formaldeide con il metodo della camera.
- UNI EN ISO 12460-3: 2015. Pannelli a base di legno. Determinazione del rilascio di formaldeide – parte 3. Metodo dell'analisi del gas.
- UNI EN 13689:2015. Pannelli a base di legno per l'utilizzo delle costruzioni. Caratteristiche – valutazione di conformità e marchiature.
- UNI EN 16516: 2017. Prodotti da costruzione - Valutazione del rilascio di sostanze pericolose - Determinazione delle emissioni in ambiente interno.
- EN ISO 16000: 2006. Inquinamento atmosferico interno - strategie di campionamento e specifiche di prova.
- UNI EN ISO 16000-2:2006. Strategie di campionamento per la formaldeide.
- UNI EN ISO 16000-9:2006. Aria in ambienti confinati - Parte 9: Determinazione delle emissioni di composti organici volatili da prodotti da costruzione e da prodotti di finitura - Metodo in camera di prova di emissione.
- UNI EN ISO 16000-10:2006. Aria in ambienti confinati - Parte 10: Determinazione delle emissioni di composti organici volatili da prodotti da costruzione e da prodotti di finitura - Metodo in cella di prova di emissione.
- UNI EN ISO 16000-11:2006. Aria in ambienti confinati - Parte 11: Determinazione delle emissioni di composti organici volatili da prodotti da costruzione e da prodotti di finitura - Campionamento, conservazione dei campioni e preparazione dei provini.
- UNI EN ISO 16700-1: 2002. Aria in ambienti confinati, aria ambientale ed aria negli ambienti di lavoro. Campionamento ed analisi di composti organici volatili mediante tubo di assorbimento/desorbimento termico/cromatografia gassosa capillare.
- UNI EN ISO 14184-1:2011. Tessili - Determinazione della formaldeide - Parte 1: Formaldeide libera e idrolizzata (metodo per estrazione acquosa. Regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP).
- Regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP).
- Regolamento (UE) n. 605/2014 della Commissione, del 5 giugno 2014. Introduzione di indicazioni di pericolo e consigli di prudenza in croato e dell'adeguamento al progresso tecnico e scientifico, del regolamento (CE) n. 1272/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele Testo rilevante ai fini del SEE.
- Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 9 marzo 2011. Condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio Testo rilevante ai fini del SEE.

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D1.12</b>
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Qualità dell’aria</b>		
<b>CRITERIO: Concentrazione inquinanti chimici</b>		

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D1 Qualità dell’aria	
ex D1 4 Pollutant migration between occupancies. ex D1 5 Pollutants generated by facility maintenance. ex D1 6 Pollutants generated by occupant activities.		
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Ridurre l’esposizione ai contaminanti chimici indoor (CO, NO2, COV, IPA, ecc.):	nella categoria	nel sistema completo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• riducendo la migrazione di inquinanti da aree confinate;</li> <li>• riducendo la migrazione di inquinanti non confinati;</li> <li>• facilitando la captazione ed espulsione dei contaminanti nei punti in cui si formano.</li> </ul>		
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITÀ DI MISURA	
Misure prese per isolare le aree o i locali dove i contaminanti possono essere generati come indicato da planimetrie, relazioni tecniche, regolamenti, protocolli, procedure operative.	-	
SCALA DI PRESTAZIONE	Unità di misura	Punti
<b>NEGATIVO:</b> planimetrie e disegni evidenziano che le aree o i locali, dove possono generarsi contaminanti, NON sono separati e ventilati autonomamente né dotati di sistemi di aspirazione.	-	- 1
<b>SUFFICIENTE:</b> planimetrie e disegni evidenziano che le aree o i locali, dove possono generarsi contaminanti, sono separati e ventilati autonomamente o dotati di sistemi di aspirazione.	-	0
<b>BUONO:</b> planimetrie e disegni evidenziano che le aree o i locali, dove possono generarsi contaminanti, sono separati, ventilati autonomamente, dotati di sistemi di aspirazione sfocianti 1 metro oltre il colmo del tetto e a distanza di almeno 10 metri dagli edifici adiacenti.	-	3
<b>OTTIMO:</b> planimetrie e disegni evidenziano che le aree o i locali, dove possono generarsi contaminanti, sono separati, ventilati autonomamente, con sistemi di aspirazione dotati di filtri e sfocianti 1 metro oltre il colmo del tetto, e a distanza di almeno 10 metri dagli edifici adiacenti.	-	5

### Metodo e strumenti di verifica

#### Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

I criteri a cui si fa riferimento in questa sezione sono applicabili a tutti gli ambienti lavorativi in cui possono essere generati contaminanti chimici da attività sociali e non produttive, con esclusione delle emissioni da materiali da costruzione, isolanti, materiali di rivestimento, arredi e moquette (vedere scheda D.1.3).

In tabella sono riportate le principali fonti di inquinamento chimico indoor.

Fonti	Principali inquinanti
Fumo di tabacco	Particolato aerodisperso, monossido di carbonio, COV, formaldeide
Stampanti e fotocopiatrici	COV, ozono
Prodotti per la pulizia	COV
Prodotti di cancelleria	COV
Forni, fornelli	Biossido di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo, sostanze odorigene
Caldaie e stufe a gas	Biossido di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo
Motori a scoppio	Biossido di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo, idrocarburi incombusti (benzene, IPA)
Stufe e forni a legna	Particolato aerodisperso, biossido di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo, composti organici volatili, idrocarburi policiclici aromatici

I criteri si applicano pertanto ad ambienti di lavoro quali esercizi aperti al pubblico (sale di ristorazione, discoteche, ecc), cucine (ristoranti, pizzerie, ecc), uffici, scuole.

I criteri si applicano a nuovi edifici, ristrutturazioni, cambi di destinazione d'uso.

Ogniquale volta la destinazione d'uso dei locali preveda la presenza o l'impiego di sorgenti puntuali di inquinamento, quali quelle esemplificate in tabella, la progettazione dovrà prevedere accorgimenti finalizzati ad impedire la diffusione dei contaminanti dal locale o dall'area in cui sono generati verso locali adiacenti in cui sia prevista la presenza di persone.

#### Applicazione del criterio:

Devono essere disponibili planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenzino:

- le aree o i locali dove i contaminanti possono essere generati (sala fumatori, locali tecnici, depositi, cucine, ecc.);
- le modalità di separazione e ventilazione di detti ambienti;
- i sistemi di captazione ed espulsione dei contaminanti nei punti in cui si formano;
- eventuali sistemi di abbattimento delle emissioni all'esterno.

#### Verifiche

I locali destinati alla permanenza di persone siano fisicamente separati dai locali in cui possono essere generati inquinanti.

Nelle aree a destinazione d'uso "uffici" sia previsto un locale destinato a fotocopiatrici e stampanti possibilmente dedicato e ventilato autonomamente.

I depositi siano dotati di ventilazione autonoma. In relazione alla tipologia e quantità di materiale stoccato si consideri di mettere in opera accorgimenti tecnici che impediscano la migrazione dei contaminanti (es. ventilazione meccanica con sistemi in aspirazione).

Le cucine siano dotate di cappa aspirante, condotto di aspirazione a tenuta stagna, elettroventilatore aspiratore, condotto di esalazione fumi. Le cucine delle ristorazioni o delle produzioni alimentari dovrebbero disporre di cappa aspirante con filtri coerenti con le caratteristiche degli alimenti cucinati (es. antigrasso e anti-odore) documentati in relazione tecnica.

I condotti di esalazione fumi sfocino a tetto con altezza del camino di almeno 1 metro oltre il colmo del tetto e distante almeno un raggio di 10 metri dagli edifici adiacenti (in ogni caso rispondenti al Regolamento d'Igiene del Comune).

**I locali per fumatori, se previsti, devono avere le caratteristiche di cui al D.P.C.M. 23.12.2003.**

Nei locali ove siano installate caldaie e stufe deve essere osservata la norma UNI CIG 7129 Testo Unico per gli impianti a gas.

**Documenti di Riferimento**

- D.P.C.M. 23.12.2003.
- LINEE GUIDA REGIONE PIEMONTE “INQUINAMENTO OLFATTIVO DA COTTURA DI ALIMENTI”.
- UNI CIG 7129 Testo Unico per gli impianti a gas.
- Pubblicazioni (OMS, ISS, ISPRA, ecc.).

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D.2.5</b>
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Ventilazione</b>		
<b>CRITERIO: Ventilazione e qualità dell'aria</b>		

**Il criterio è applicabile in presenza di sistemi di ventilazione meccanica. Per l'analisi di progetti che prevedono solo la ventilazione naturale degli ambienti, il criterio è da escludere nella valutazione complessiva.**

<b>AREA DI VALUTAZIONE</b>	<b>CATEGORIA</b>	
D. Qualità ambientale indoor	D.2 Ventilazione	
<b>ESIGENZA</b>	<b>PESO DEL CRITERIO</b>	
Garantire un livello soddisfacente di qualità dell'aria interna in ambienti con ventilazione meccanica.	nella categoria	nel sistema completo
<b>INDICATORE DI PRESTAZIONE</b>	<b>UNITÀ DI MISURA</b>	
Indice di categoria della qualità dell'aria interna.	-	
<b>SCALA DI PRESTAZIONE</b>		
	<b>(Unità misura)</b>	<b>PUNTI</b>
NEGATIVO	< 0	n.a.
SUFFICIENTE	0,0	0
BUONO	3,0	3
OTTIMO	5,0	5

**n.a. non accettabile**

### Metodo e strumenti di verifica

#### Prerequisiti

Verificare che sia soddisfatto il seguente requisito definito dalla D.G.R. n. 46-11968 del 4/08/2009 - Regione Piemonte:

“I sistemi di ventilazione meccanica caratterizzati da una portata totale di aria di ricambio superiore a 2000 m<sup>3</sup>/h devono essere dotati di sistemi in grado di recuperare la maggior parte del calore (inverno) o del freddo (estate) altrimenti disperso in ambiente a causa del ricambio dell'aria interna. Tali sistemi devono essere caratterizzati da un'efficienza di recupero maggiore di 0.6”.

Nel caso in cui il requisito non risulti soddisfatto, il criterio di valutazione D.2.5 non viene rispettato e la valutazione è da ritenersi complessivamente NEGATIVA ed esito “non accettabile”.

L'energia non recuperata deve essere adeguatamente compensata dagli impianti di condizionamento per mantenere condizioni di comfort termico accettabili.

#### Condizioni di applicabilità del criterio

I presenti criteri si applicano ad ambienti di lavoro in cui siano presenti postazioni di lavoro e destinati allo svolgimento di mansioni e/o compiti lavorativi con una “permanenza significativa” nell'ambiente in questione.

Per “permanenza” significativa s'intende un intervallo di tempo continuativo di almeno 15 minuti.

Sono pertanto esclusi gli ambienti non destinati alla permanenza significativa di persone quali zone di circolazione (p.e. corridoi, scale, ingressi), o dove non è previsto lo svolgimento di compiti lavorativi, o con destinazione d'uso specifica per i quali sono previsti per la ventilazione requisiti mirati (per esempio cucine, palestre e piscine, bagni/servizi, depositi).

Non rientrano nella presente trattazione gli edifici e ambienti adibiti allo svolgimento di attività di tipo sanitario.

Ai fini di contenere il numero complessivo di ambienti da sottoporre a verifica, è possibile individuare tipologie di ambienti all'interno dell'edificio simili per esposizione all'irraggiamento solare, per dimensioni e per elementi tecnici di involucro e di impianto. Ciascuna tipologia è rappresentata da un ambiente campione. Gli ambienti campione scelti possono essere ritenuti rappresentativi, in fase progettuale-previsionale, delle condizioni ambientali complessive dell'edificio in questione se sono associabili alle condizioni ambientali presenti nel 95% degli spazi (volumi) dell'edificio.

#### Applicazione del criterio:

1. Determinare, per ogni ambiente campione, la portata volumica di aria esterna nominale  $Q_{v,o,n}$  dalla portata volumica di aria esterna di progetto  $Q_{v,o}$  prevista dalle specifiche di progetto dell'impianto aeraulico, considerando le soluzioni adottate per la diffusione dell'aria in ambiente (efficienza di ventilazione) e le perdite di carico (p.e. canali, filtri) secondo i metodi di calcolo riportati dalle norme, UNI EN 16798-7, UNI EN 16798-3 e dalle norme UNI/TS 11300 parti 1 2 e 3<sup>1</sup>.

2. Determinare, per ciascun ambiente campione, le portate volumiche di aria esterna nominali minime ( $Q_{v,o,n,lim}$ ) necessarie a garantire ciascuna delle quattro categorie di qualità dell'aria interna (I II III IV) previste dalla norma UNI EN 16798-1.

La portata volumica di aria esterna nominale minima ( $Q_{v,o,n,lim}$ ) viene calcolata secondo l'equazione (1) seguente:

$$Q_{v,o,n,lim} = ns \cdot A \cdot q_{v,o,p} + A \cdot q_{v,o,s} \quad (1)$$

dove:

$Q_{v,o,n,lim}$  = portata volumica di aria esterna nominale minima, [ $10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s];

$ns$  = indice di affollamento per unità di superficie, [persone/m<sup>2</sup>];

$A$  = area della superficie utile dell'ambiente, [m<sup>2</sup>];

$q_{v,o,p}$  = portata volumica di aria esterna minima per persona, [ $10^{-3}$  m<sup>3</sup>/(s persona)];

$q_{v,o,s}$  = portata volumica di aria esterna minima per unità di superficie, [ $10^{-3}$  m<sup>3</sup>/(s m<sup>2</sup>)].

**Per la definizione in fase di progetto del numero di occupanti ( $ns \cdot A$ ) dell'ambiente in esame la UNI EN 16798-1 rimanda alla CEN/TR 16798-2:2019.**

Il valore dell'indice di affollamento per unità di superficie ( $ns$ ) può essere dedotto dalla tabella D.2.5.a, (ripresa dall'appendice C della CEN/TR 16798-2:2019) che indica i m<sup>2</sup> per persona in funzione della destinazione d'uso dell'ambiente. Per completezza si riporta in Allegato A il prospetto del progetto di norma prUNI 10339 che contiene un elenco più dettagliato di tipologie di ambienti; in alternativa si può fare riferimento anche all'elenco contenuto nella UNI 10339 attualmente in vigore.

**L'area della superficie utile dell'ambiente ( $A$ ) può essere dedotto dal progetto.**

---

<sup>1</sup>In relazione alla portata volumica, si ricorda la seguente conversione: 1 l/s =  $1 \cdot 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s = 3.6 m<sup>3</sup>/h.

Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente	Indice di affollamento [m <sup>2</sup> /persona]
• Uffici singoli	10
• Uffici open space	15
• Locale riunioni - sala conferenze	2
• Auditorium	0,75
• Ristoranti	1,5
• Aule scolastiche	2
• Scuole materne	2
• Grandi magazzini	7

**Tabella D2.5.a – Indice di affollamento per diverse tipologie di ambiente (rif. CEN/TR 16798-2:2019)**

I valori della portata volumica di aria esterna minima per persona  $q_{v,o,p}$  sono definiti in funzione del dispendio metabolico associabile alle attività che vengono svolte nell'ambiente in esame, in considerazione della correlazione esistente tra tale grandezza e la concentrazione dei bioeffluenti umani, prendendo come riferimento il valore di 1,5 met ( $\approx 87 \text{ W/m}^2$ ). Le portate d'aria esterna per persona sono suddivise in differenti categorie di qualità, coerentemente a quanto previsto dalla UNI EN 16798-1 che viene adottata come norma di riferimento.

Per attività di tipo leggero, i cui valori di dispendio metabolico risultino inferiori o uguali a 1,5 met, le portate di riferimento espresse in l/s per persona sono riportate in tabella D2.5.b. In caso di attività più intense per le quali il dispendio metabolico stimato è superiore a 1,5 met, i valori di riferimento per le portate d'aria sono quelli indicati in tabella D2.5.c.

Categoria	Percentuale prevista di insoddisfatti	Portata d'aria per persona [l s <sup>-1</sup> ]
I	15%	10
II	20%	7
III	30%	4
IV	40%	2,5

**Tabella D2.5.b – Portata d'aria volumica per persona per  $M \leq 1,5 \text{ met}$**

Categoria	Percentuale prevista di insoddisfatti	Portata d'aria per persona [l s <sup>-1</sup> ]
I	15%	15
II	20%	11
III	30%	6
IV	40%	3,8

**Tabella D2.5.c – Portata d'aria volumica per persona per  $M > 1,5 \text{ met}$**

I valori della portata volumica di aria esterna minima per persona  $q_{v,o,s}$ , suddivisi in differenti categorie di qualità, sono ripresi da quelli presenti nell'Appendice B.3 della norma UNI EN 16798-1 e indicati nella tabella D2.5.d.

Categoria	Portata d’aria per superficie [l s <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> ]		
	very low polluting building	low polluting building	non-low polluting building
I	0,5	1,0	2,0
II	0,35	0,7	1,4
III	0,3	0,4	0,8
IV	0,15	0,3	0,6

**Tabella D2.5.c – Portata d’aria volumica per unità di superficie**

Per le definizioni di “very low polluting building”, “low polluting building” e “non-low polluting building” si veda l’appendice B4 della UNI EN 16798-1.

In conformità e coerenza agli obiettivi del presente documento si ritiene di fare riferimento ai valori di portata della colonna “low polluting building” e di escludere sempre quelli della colonna “non-low polluting building”.

3. Confrontare la portata di aria esterna nominale di progetto ( $Q_{v,o,n}$ ) riferita alla ventilazione effettiva dell’ambiente i-esimo, con le corrispettive portate di aria esterna nominali minime ( $Q_{v,o,n,lim}$ ) calcolate secondo i criteri definiti nel punto 2 per le diverse categorie di qualità dell’aria (I II III IV), e assegnare l’indice di categoria Z secondo la tabella seguente:

Categoria di qualità dell’aria interna	Indice di categoria $Z_i$
I	5
II	3
III	1
IV	n.a. (*)

**Tabella D2.5.d – Relazione tra categoria di qualità dell’aria e indice Z dell’ambiente i-esimo**

4. Calcolare il valore  $Z_m$  riferito all’edificio come media degli indici di categoria  $Z_i$  assegnati agli ambienti campione, pesata sulle relative superfici utili:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:

$Z_i$  = indice di categoria dell’ambiente i-esimo, [-];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell’ambiente i-esimo, [m<sup>2</sup>].

5. Confrontare il valore medio dell’indice di categoria  $Z_m$  con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

## Allegato A

Indici di affollamento per diverse tipologie di ambiente secondo quanto indicato dalla norma prUNI 10339.

<b>Destinazione d'uso dell'edificio e dell'ambiente</b>	<b>Indice di affollamento per unità di superficie, n, [m<sup>-2</sup>]</b>
<b>RESIDENZA E ASSIMILABILI</b>	
• Residenze a carattere continuativo	
• Abitazioni civili: (valore riferito alla superficie dell'intero alloggio)	A
• Collegi, luoghi di ricovero, case di pena, caserme, conventi:	
• sale riunioni	0,6
• dormitori/camere	0,1
<b>RESIDENZE OCCUPATE SALTUARIAMENTE</b>	
• Vale quanto prescritto per le residenze a carattere continuativo	
<b>ALBERGHI E PENSIONI ecc</b>	
• ingresso, soggiorni	0,2
• sale conferenze/auditori (piccole)	0,6
• sale da pranzo	0,6
• camere da letto	0,1
<b>UFFICI E ASSIMILABILI</b>	
• Uffici singoli	0,1
• Uffici open space	0,12
• Call-Center/Centro inserimento	0,4
• Locali riunione	0,6
<b>OSPEDALI CLINICHE, CASE DI CURA E ASSIMILABILI</b>	
• degenze (2 -3 letti)	0,1
• corsie	0,1
• camere per infettivi	0,08
• camere per immunodepressi	0,08
• sale mediche	0,1
• soggiorni	0,4
• terapie fisiche	0,2
• diagnostiche	0,1
<b>ATTIVITÀ RICREATIVE ASSOCIATIVE DI CULTO E ASSIMILABILI</b>	
<b>CINEMA, TEATRI, SALE PER CONGRESSI</b>	
• atri, sale attesa, zona bar annessa	0,3
• platee, loggioni, aree per il pubblico, sale cinematografiche, sale teatrali, sale per riunioni	0,7
• Sala scommesse	0,4
<b>MOSTRE MUSEI, BIBLIOTECHE, LUOGHI DI CULTO</b>	
• sale mostre pinacoteche, musei	0,4
• sale lettura biblioteche	0,3
• luoghi di culto	0,7
<b>BAR RISTORANTI, SALE DA BALLO</b>	
• Bar/ pasticcerie/ self-service	0,8
• Ristorante	0,6

Scheda – Ventilazione – Ventilazione e qualità dell'aria

• sale da ballo/Discoteche	0,7
<b>ATTIVITÀ COMMERCIALE E ASSIMILABILI</b>	
• grandi magazzini - piano interrato	0,2
• negozi o reparti di grandi magazzini:	0,2
• barbieri, saloni bellezza	0,2
• abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	0,2
• alimentari, farmacie	0,2
• lavasecco	0,1
• zone pubblico banche, quartieri fieristici	0,2
<b>EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SPORTIVA</b>	
<b>PISCINE, SAUNE E ASSIMILABILI</b>	
• piscine (sala vasca)	0,5
• spogliatoi	0,2
<b>PALESTRE E ASSIMILABILI</b>	
• palazzetti sportivi (campi da gioco)	0,25
• zone spettatori in piedi	0,7
• zone spettatori seduti	0,7
• spogliatoio atleti	0,2
<b>EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITÀ SCOLASTICHE E ASSIMILABILI</b>	
• asili nido e scuole materne (scuole dell'infanzia)	0,42
• aule scuole elementari (primarie di primo grado)	0,55
• aule scuole medie inferiori (primarie di secondo grado)	0,55
• aule scuole medie superiori (secondarie di secondo grado)	0,51
• aule universitarie	0,5
• servizi	
• biblioteche, sale lettura	0,3
• aule musica e lingue	0,2
• laboratori chimici/biologici	
• laboratori	0,5
• sale insegnanti	0,7
<p>Nota:                      A L'affollamento di riferimento per le residenze è definito in numero pari a 2 persone per i monocali e per gli appartamento con una camera da letto. Per ogni camera da letto aggiuntiva se la superficie in pianta è inferiore a 14 m<sup>2</sup> si considera una persona e se invece la superficie è superiore o uguale a 14 m<sup>2</sup> si considerano 2 persone.</p>	

### **Normativa di riferimento**

- UNI 10339:1995  
Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta l'offerta, l'ordine e la fornitura
- UNI/TS 11300-1:2014  
Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- UNI/TS 11300-2:2019  
Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali
- UNI/TS 11300-3:2010  
Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva
- UNI EN 16798-7:2018  
Prestazione energetica degli edifici – Ventilazione per gli edifici – Parte 7: Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici compresa l'infiltrazione
- UNI EN 16798-3:2018  
Prestazione energetica degli edifici – Ventilazione per gli edifici – Parte 3: Per gli edifici non residenziali – Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e condizionamento degli ambienti
- UNI EN 16798-1:2019  
Prestazione energetica degli edifici – Ventilazione per gli edifici – Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica
- CEN/TR 16798-2:2019  
Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 2: Interpretation of the requirements in EN 16798-1 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics
- UNI 10339:2016  
Impianti aeraulici per la climatizzazione. Classificazione, prescrizione e requisiti prestazionali per la progettazione e la fornitura

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D.2.6</b>
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Ventilazione</b>		
<b>CRITERIO: Concentrazione Radon</b>		

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D.2 Ventilazione	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Ridurre i livelli di radon negli ambienti di vita e di lavoro come strategia per ridurre il rischio del tumore polmonare	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITÀ DI MISURA	
Disponibilità delle misure della concentrazione di attività <i>C</i> di radon	Bq/m <sup>3</sup>	
SCALA DI PRESTAZIONE		
	<i>C</i> (Bq/m <sup>3</sup> )	PUNTI
NEGATIVO	$C \geq 300$	-1
SUFFICIENTE	$100 \leq C < 300$	0
BUONO	$70 \leq C < 100$	3
OTTIMO	$C < 70$	5

### Metodo e strumenti di verifica

L'indicatore scelto è la concentrazione di attività di radon (come media annuale), che è la grandezza fisica che quantifica la presenza di radon in un determinato ambiente. Nel Sistema Internazionale l'unità di misura di tale grandezza è il Becquerel al metro cubo (Bq/m<sup>3</sup>). La richiesta di considerare la media annuale e non un valore spot misurato in un dato istante è motivato dal fatto che i livelli di radon sono soggetti ad importanti fluttuazioni sia giornaliere che stagionali. Trattandosi di una media annuale, la misura deve essere eseguita durante tutto il periodo o stimata a partire da misure sperimentali effettuate su periodi di tempo inferiori ma che coprono tutto l'intervallo richiesto. Il criterio della media annuale come riferimento per i valori di parametro indicati è d'altra parte stato seguito in analogia con la normativa vigente (D. Lgs. 101/2020, art. 12) che ha appunto fissato un Livello di Riferimento per la concentrazione di attività del radon in 300 Bq/m<sup>3</sup>, inteso come media annuale, valido sia per gli ambienti di vita che di lavoro.

Il criterio per l'assegnazione di punteggi fa riferimento ad alcuni ben precisi valori del parametro individuato come indicatore di prestazione cioè il valore medio annuale della concentrazione di attività: oltre ai 300 Bq/m<sup>3</sup>, che corrispondono al limite superiore di accettabilità stabilito dalla vigente normativa, sono stati presi in considerazione altri due livelli, più bassi, per la graduazione del punteggio: 100 Bq/m<sup>3</sup>, in quanto valore obiettivo proposto dall'OMS (WHO) e 70 Bq/m<sup>3</sup>, corrispondente al valore medio della concentrazione di radon delle abitazioni italiane e piemontesi, così come è risultato dalle campagne di misure svolte.

Misurazioni effettuate su un periodo più breve dell'anno possono tuttavia essere prese in considerazione qualora, per vari motivi, si ritenga non praticabile l'attesa di un anno prima di avere il responso. In tal caso però i valori di riferimento per l'attribuzione dei punteggi devono essere opportunamente ridotti per tener conto della possibilità che, durante l'arco dell'intero anno, vengano superati i valori di riferimento indicati. Inoltre non sarà possibile, in questi casi, assegnare tutti punteggi, ma ci si dovrà limitare a dare un criterio che consenta di escludere con ragionevole certezza l'attribuzione di un il valore NEGATIVO. Pertanto, nel caso di misure effettuate per periodi di tempo inferiori all'anno, cioè in concreto per misure semestrali, trimestrali o bimestrali, il

valore di concentrazione che assicura un punteggio non NEGATIVO viene calcolato ipotizzando che, nel tempo rimanente, la concentrazione di attività sia pari a quella del 99-esimo percentile della distribuzione delle concentrazioni di radon delle abitazioni del Piemonte. Tale valore, calcolabile a partire dalla distribuzione dei valori di concentrazione del radon del Piemonte, nota a seguito delle campagne di misura che hanno condotto alla mappatura radon del Piemonte, è valutabile attorno ai 350 Bq/m<sup>3</sup>.

Nella seguente tabella sono pertanto riportati i valori di concentrazione di attività di radon misurati con misure brevi (bimestrali, trimestrali e semestrali) che, in base al criterio sopra esposto, assicurano con ragionevole certezza il rispetto del Livello di Riferimento stabilito dal D. Lgs. 101/2020, cioè che per la media annuale valga sempre  $C < 300$  Bq/m<sup>3</sup>. Se tali valori sono rispettati si potrà dunque assegnare un punteggio NON NEGATIVO (0), anche in caso di misure più brevi di un anno.

<b>Tempo di misura</b>	<b>Condizioni per avere punteggio zero in caso di misure “brevi”</b>
Bimestrale	$C < 50$ Bq/m <sup>3</sup> .
Trimestrale	$C < 150$ Bq/m <sup>3</sup> .
Semestrale	$C < 250$ Bq/m <sup>3</sup> .
Annuale	$C < 300$ Bq/m <sup>3</sup> .

Una particolare criticità che deve poi essere tenuta in considerazione quando si valutano le concentrazioni di radon in un’abitazione o in qualunque luogo indoor è il potenziale conflitto con i vari interventi edilizi volti ad ottimizzare il risparmio energetico. La messa in opera di serramenti particolarmente efficienti sotto il profilo della dispersione del calore riducono infatti in modo drastico il tasso di ricambio dell’aria e perciò favoriscono l’accumulo del radon. Tale eventualità può essere limitata se l’abitazione rispetta alcune caratteristiche costruttive nell’interfaccia col suolo: la presenza di un vespaio ben aerato (anche solo naturalmente) è quasi sempre sufficiente a limitare a livelli molto bassi il tasso d’ingresso del radon, consentendo in tal modo di mantenere basse concentrazioni di radon negli ambienti di vita anche in presenza di bassi ricambi d’aria. Diversamente sono possibili alcuni specifici interventi (azioni di risanamento, anche effettuate in modo preventivo) volti a superare le criticità ed ottenere un ragionevole compromesso tra livelli di radon ed efficienza energetica.

In generale, sarebbe comunque una pratica da incoraggiare quella di implementare, per tutte le nuove costruzioni, l’adozione di tecniche costruttive che prevedano la presenza di vespai adeguatamente aerati, già predisposti per un eventuale inserimento, qualora necessario, di dispositivi di ventilazione artificiale.

***Nota: metodi di misura del radon***

La modalità di misura più idonea per la valutazione delle concentrazioni di radon in ambienti residenziali e di lavoro è la misura integrata effettuata con rivelatori passivi. Si tratta cioè di installare dispositivi passivi (dosimetri), cioè non alimentati con corrente elettrica, che sono in grado di registrare le radiazioni emesse dal radon in un determinato periodo di tempo (tempo di esposizione). Sono disponibili sul mercato diverse tecniche di misura. Una tra le più affidabili (e meno costose) è quella basata su rivelatori a tracce nucleari, che sfrutta la capacità, tipica di determinate tipologie di plastiche, di registrare il passaggio delle particelle alfa emesse dal radon e dai suoi prodotti di decadimento. Nel manuale può essere trovata una descrizione più dettagliata di questi aspetti.

### **Documenti di Riferimento**

- APAT, *Linee Guida per le Misure di Radon in Ambienti Residenziali*, Pubblicazione RTI CTN\_AGF 4/2004
- APAT, *Linee Guida Relative ad Alcune Tipologie di Azioni di Risanamento per la Riduzione dell’Inquinamento da Radon*, RTI CTN\_AGF 4/2005
- Commissione Europea, *Direttiva EURATOM 2013/59*
- Decreto Legislativo n. 101/2020
- ARPA Piemonte, *La mappatura del radon in Piemonte*, ISBN 978-88-7479-117-0, Rapporto ARPA Piemonte - Regione Piemonte, 2009
- OMS-WHO, *WHO HANDBOOK ON INDOOR RADON – A public health perspective*, ISBN 9789241547673, WHO, 2009
- Raccomandazione del Sottocomitato Scientifico del progetto CCM “Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio del tumore polmonare in Italia”, CCM-ISS, approvata il 10 novembre 2008

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D.3.1</b>
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Benessere termoigrometrico</b>		
<b>CRITERIO: Comfort termico estivo in ambienti climatizzati</b>		

**Il criterio è applicabile in presenza di sistemi di condizionamento dell'aria. In assenza di questa tipologia di impianto, il criterio è da escludere nella valutazione complessiva.**

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D3 Benessere termo-igrometrico	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Garantire un livello soddisfacente di comfort termico estivo in ambienti con impianto di condizionamento.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITÀ DI MISURA	
Indice di categoria del comfort termico.	-	
SCALA DI PRESTAZIONE		
	(Unità misura)	PUNTI
NEGATIVA	<0	n.a.
SUFFICIENTE	0,0	0
BUONO	3,0	3
OTTIMO	5,0	5

**n.a. non accettabile**

### Metodo e strumenti di verifica

#### Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

I criteri a cui si fa riferimento in questa sezione sono applicabili a tutti gli ambienti lavorativi ad obiettivo "comfort termico". Si tratta di ambienti lavorativi in cui non esistono vincoli nel ciclo di lavoro, legati ad esigenze produttive o ambientali, tali da condizionare uno o più parametri microclimatici (ambientali e/o personali) in modo da rendere non realisticamente (tecnicamente) perseguibile il raggiungimento del benessere termo-igrometrico per gli occupanti.

Sono esclusi dalla verifica gli ambienti lavorativi nei quali al contrario esistono vincoli nel ciclo di lavoro che condizionano uno o più parametri microclimatici rendendo non realisticamente (tecnicamente) perseguibile la condizione di comfort termoigrometrico per gli occupanti.

I presenti criteri si applicano ad ambienti di lavoro in cui siano presenti postazioni di lavoro e destinati allo svolgimento di mansioni e/o compiti lavorativi con una "permanenza significativa" nell'ambiente in questione.

Per "permanenza" significativa s'intende un intervallo di tempo continuativo di almeno 15 minuti [10].

Sono pertanto esclusi gli ambienti non destinati alla permanenza significativa di persone quali zone di circolazione (p.e. corridoi, scale, ingressi), o dove non è previsto lo svolgimento di compiti lavorativi, o con destinazione d'uso specifica (per esempio mense e refettori, palestre e piscine, bagni/servizi, depositi).

Non rientrano nella presente trattazione gli edifici e ambienti adibiti allo svolgimento di attività di tipo sanitario.

#### Applicazione del criterio:

- 1) Calcolare, per ogni ambiente dotato di impianto di condizionamento, l'indice di comfort termico PMV (Voto Medio Previsto) secondo il modello di calcolo previsionale indicato dalla norma UNI EN ISO 7730 [1]. La valutazione dell'indice termico deve essere effettuata consi-

derando condizioni ambientali esterne rappresentative per il periodo estivo. Nel calcolo dell'indice PMV fare riferimento ai dati climatici di progetto per il periodo estivo definiti per località [6].

Ai fini di contenere il numero complessivo di ambienti da sottoporre a verifica, è possibile individuare tipologie seriali all'interno dell'edificio, ovvero ambienti principali uguali per esposizione all'irraggiamento solare, per dimensioni e per elementi tecnici di involucro e di impianto. Ciascuna tipologia è rappresentata da un ambiente campione. Gli ambienti campione scelti possono essere ritenuti rappresentativi, in fase progettuale-previsionale, delle condizioni ambientali complessive dell'edificio in questione se sono associabili alle condizioni ambientali presenti nel 95% degli spazi (volumi) dell'edificio.

Per ogni tipologia di ambiente campione l'indice PMV può essere calcolato a centro stanza [8], ipotizzando le condizioni di esposizione più sfavorevoli. La determinazione dell'indice PMV può avvenire impiegando programmi di calcolo coerenti con quanto riportato nell'appendice D della UNI EN ISO 7730 oppure facendo riferimento alle tabelle in appendice E della UNI EN ISO 7730.

Per il calcolo dell'indice PMV assumere i seguenti dati di input<sup>2</sup>:

- per il valore della resistenza termica dell'abbigliamento, assumere  $I_{cl} = 0,6$  clo [4];
- per il valore di energia metabolica, assumere un valore rappresentativo dell'attività lavorativa secondo grandezze e metodi di valutazione previsti dalla UNI EN ISO 8996 [3], ad esempio per attività d'ufficio prevalentemente sedentaria risulta  $M = 1,2$  met ( $70 \text{ W/m}^2$ ). Nel caso di attività (mansioni) che prevedano più compiti, con significative differenze di dispendio metabolico, determinare il valore di M risultante attraverso una mediata pesata sulle attività [3];
- temperatura dell'aria interna  $T_a$  (°C) pari alla temperatura estiva di progetto [1, 2, 10];
- umidità relativa UR (%), assumere il valore di progetto [1, 2, 10];
- velocità relativa dell'aria  $v_a$  (m/s), in base alle caratteristiche dei terminali di immissione dell'aria, assumere il valore di progetto [1, 2, 10];
- per la stima della temperatura media radiante  $T_{mr}$  (°C), in assenza di software di calcolo specifici, è possibile fare riferimento al metodo di calcolo descritto dalla UNI EN ISO 7726 [5] basato sulle temperature delle superfici interne. Determinare le temperature superficiali interne di pareti, soffitto, pavimento e superfici vetrate dell'ambiente considerato assumendo i dati climatici di progetto del periodo estivo definiti per località dalla UNI/TR 10349-2 [6]. Per partizioni opache verticali e orizzontali interne si assume che la temperatura superficiale sia pari a quella dell'aria di progetto; nel caso di pareti, soffitti o pavimenti radianti utilizzare la temperatura superficiale dell'elemento radiante.

Confrontare il risultato di calcolo dell'indice PMV dell'ambiente i-esimo con le categorie di comfort termico indicate dalla UNI EN ISO 7730 [1] e riportate in tabella D.3.1.a e assegnare l'indice di categoria Z secondo la stessa tabella:

Categoria di comfort	Intervallo di PMV	Indice di categoria $Z_i$
I	$-0,2 \leq PMV_i \leq 0,2$	5
II	$-0,5 \leq PMV_i \leq 0,5$	3
III	$-0,7 \leq PMV_i \leq 0,7$	0
Non Classificato	$ PMV_i  > 0,7$	(*) n. a.
(*) n.a. – non accettabile		

**Tabella D.3.1.a – Relazione tra categoria di comfort termico e indice Z dell'ambiente i-esimo**

<sup>2</sup> Fare riferimento alla UNI EN ISO 7730 per i limiti di applicabilità del metodo di calcolo dell'indice PMV.

L'indice di categoria  $Z$  risulta assegnato sulla base del criterio “qualitativo” illustrato da documento UNI/PdR 13.0:2019 [12].

- 2) Calcolare il valore  $Z_m$  riferito all'edificio come media pesata degli indici di categoria  $Z_i$  assegnati agli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:

$Z_i$  = indice di categoria dell'ambiente  $i$ -esimo, [-];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente  $i$ -esimo, [m<sup>2</sup>].

Confrontare il valore medio dell'indice di categoria  $Z_m$  con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

### Normativa di riferimento

- UNI EN ISO 7730:2006  
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 16798-1:2019  
Prestazione energetica degli edifici – Ventilazione per gli edifici – Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.
- UNI EN ISO 8996:2005  
Ergonomia dell'ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico.
- UNI EN ISO 9920:2009  
Ergonomia dell'ambiente termico - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento.
- UNI EN ISO 7726:2002  
Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche.
- UNI/TR 10349-2:2016  
Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto.
- UNI EN ISO 52016-1:2018  
Prestazione energetica degli edifici – Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti – Parte 1: procedure di calcolo.
- UNI CEN ISO/TR 52016-2:2018  
Prestazioni energetiche degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 2: Spiegazione e giustificazione della ISO 52016-1 e della ISO 52017-1.
- CEN/TR 16798-2. Energy performance of buildings – Ventilation for buildings  
Part 2: Interpretation of the requirements in EN 16798-1 – Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing air quality, thermal environment, lighting and acoustics (module M1-6).
- UNI 10339: 1995  
Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta l'offerta, l'ordine e la fornitura.
- D.P.R. 16-4-2013 n. 74  
Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192. Pubblicato nella Gazz. Uff. 27 giugno 2013, n. 149 e s.m.i.
- UNI/PdR 13.0:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità.

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D.3.2</b>
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Benessere termoigrometrico</b>		
<b>CRITERIO: Temperatura operativa nel periodo estivo</b>		

**Il criterio è applicabile in presenza di ventilazione naturale o ventilazione meccanica, a condizione che il raffrescamento estivo non sia dovuto a un impianto di condizionamento dell'aria. In presenza di questa tipologia di impianto il criterio è da escludere dalla valutazione complessiva.**

AREA DI VALUTAZIONE		CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor		D.3 Benessere termoigrometrico	
ESIGENZA		PESO DEL CRITERIO	
Garantire un livello soddisfacente di comfort termico estivo in ambienti senza impianto di condizionamento.		nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE		UNITÀ DI MISURA	
Indice di categoria del comfort termico.		-	
SCALA DI PRESTAZIONE			
			PUNTI
NEGATIVO	< 0		n.a.
SUFFICIENTE	0,0		0
BUONO	3,0		3
OTTIMO	5,0		5

**n.a. non accettabile**

### Metodo e strumenti di verifica

#### Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

I criteri a cui si fa riferimento in questa sezione sono applicabili a tutti gli ambienti lavorativi ad obiettivo “comfort termico”. Si tratta di ambienti lavorativi in cui non esistono vincoli nel ciclo di lavoro, legati ad esigenze produttive o ambientali, tali da condizionare uno o più parametri microclimatici (ambientali e/o personali) in modo da rendere non realisticamente (tecnicamente) perseguibile il raggiungimento del benessere termo-igrometrico per gli occupanti.

Sono esclusi dalla verifica gli ambienti lavorativi nei quali al contrario esistono vincoli nel ciclo di lavoro che condizionano uno o più parametri microclimatici rendendo non realisticamente (tecnicamente) perseguibile la condizione di comfort termo-igrometrico per gli occupanti.

I presenti criteri si applicano ad ambienti di lavoro in cui siano presenti postazioni di lavoro e destinati allo svolgimento di mansioni e/o compiti lavorativi con una “permanenza significativa” nell’ambiente in questione.

Per “permanenza” significativa s’intende un intervallo di tempo continuativo di almeno 15 minuti.

Sono pertanto esclusi gli ambienti non destinati alla permanenza significativa di persone quali zone di circolazione (p.e. corridoi, scale, ingressi), o dove non è previsto lo svolgimento di compiti lavorativi, o con destinazione d’uso specifica (per esempio mense e refettori, palestre e piscine, bagni/servizi, depositi).

Non rientrano nella presente trattazione gli edifici e ambienti adibiti allo svolgimento di attività di tipo sanitario.

Il metodo presentato in questa sezione è valido per ambienti adibiti ad ufficio ed altri ambienti simili ed abitazioni nelle quali vengono rispettate le seguenti condizioni:

- assenza di sistemi di condizionamento;
- attività prevalentemente sedentaria con dispendio metabolico dell’ordine di 1.0 – 1.3 met [1, 2]; finestre apribili e facilmente accessibili;

- nessun vincolo all'abbigliamento che deve essere adattabile alle condizioni ambientali.

Ai fini di contenere il numero complessivo di ambienti da sottoporre a verifica, è possibile individuare tipologie di ambienti all'interno dell'edificio simili per esposizione all'irraggiamento solare, per dimensioni e per elementi tecnici di involucro e di impianto. Ciascuna tipologia è rappresentata da un ambiente campione. Gli ambienti campione scelti possono essere ritenuti rappresentativi, in fase progettuale-previsionale, delle condizioni ambientali complessive dell'edificio in questione se sono associabili alle condizioni ambientali presenti nel 95% degli spazi (volumi) dell'edificio.

Per ciascun ambiente campione i-esimo si segue la sequenza indicata ai successivi punti da 1 a 6:

1. Calcolare l'andamento giornaliero della temperatura dell'aria interna ( $T_a$ ) e della temperatura media radiante ( $T_{mr}$ ) secondo il metodo previsionale descritto nella norma UNI EN ISO 52016-1 [5, 6] facendo riferimento ai valori orari di irradianza solare totale massima estiva e di temperatura massima estiva dell'aria esterna, ovvero ai dati climatici di progetto del periodo estivo definiti per località dalla norma UNI/TR 10349-2 [8].
2. Calcolare l'andamento giornaliero di temperatura operativa ( $T_{op}$ ) per ogni ambiente principale e calcolarne il valore medio con le seguenti formule.

Per la temperatura operativa interna dell'ambiente i-esimo all'ora t-esima  $T_{op,i,t}$ :

$$T_{op,i,t} = \frac{T_{a,i,t} + T_{mr,i,t}}{2} = [^{\circ}\text{C}]$$

dove:

$T_{a,i,t}$  = temperatura dell'aria interna dell'ambiente i-esimo all'ora t-esima [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$T_{mr,i,t}$  = temperatura media radiante dell'ambiente i-esimo all'ora t-esima [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Per la temperatura operativa dell'ambiente i-esimo  $T_{op,m,i}$  consideriamo, applicando un criterio cautelativo, il valore medio nella "fascia diurna (8.00-20.00)":

$$T_{op,m,i} = \frac{\sum T_{op,i,t}}{12} = [^{\circ}\text{C}]$$

dove:

$T_{op,i,t}$  = temperatura operativa dell'ambiente i-esimo all'ora t-esima [ $^{\circ}\text{C}$ ] nella "fascia diurna (8.00-20.00)".

3. Calcolare lo scarto di temperatura  $\Delta T_i$  tra la temperatura operativa media dell'ambiente i-esimo ( $T_{op,m,i}$ ) e la temperatura di comfort secondo la seguente formula che si "ispira" al criterio di confronto contenuto nella UNI EN 16798-1 [1]:

$$\Delta T_i = T_{op,m,i} - [(0.33 \cdot T_{est,m}) + 18.8] = [^{\circ}\text{C}]$$

dove:

$T_{op,m,i}$  = temperatura operativa media dell'ambiente i-esimo [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$T_{est,m}$  = temperatura media dell'aria esterna [ $^{\circ}\text{C}$ ];

con:

$$T_{est,m} = \frac{\sum T_{est,t}}{24} = [^{\circ}\text{C}]$$

dove:

$T_{est,t}$  = temperatura esterna all'ora t-esima calcolata per la località di riferimento secondo la norma UNI/TR10349-2 [8].

4. Confrontare lo scarto di temperatura  $\Delta T_i$  dell'ambiente i-esimo con le categorie di comfort termico definite dalla norma UNI EN 16798-1 [1] e assegnare l'indice di categoria Z secondo la seguente tabella:

Categoria di comfort	scarto di temperatura $\Delta T_i$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Indice di categoria $Z_i$
Categoria I	$-3^{\circ}\text{C} \leq \Delta T_i \leq 2^{\circ}\text{C}$	5
Categoria II	$-4^{\circ}\text{C} \leq \Delta T_i \leq 3^{\circ}\text{C}$	3
Categoria III	$-5^{\circ}\text{C} \leq \Delta T_i \leq 4^{\circ}\text{C}$	0
Non classificato	$\Delta T_i < -5^{\circ}\text{C}; \Delta T_i > 4^{\circ}\text{C}$	(*) n. a.
(*) n.a. – non accettabile		

**Tabella D.3.2.a – Relazione tra categoria di comfort termico e indice Z dell'ambiente i-esimo**

5. Calcolare il valore  $Z_m$  riferito all'edificio come media pesata degli indici di categoria  $Z_i$  assegnati agli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:

$Z_i$  = indice di categoria dell'ambiente i-esimo, [-];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [ $\text{m}^2$ ].

6. Confrontare il valore medio dell'indice di categoria  $Z_m$  con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

### **Normativa di riferimento**

- UNI EN 16798-1:2019  
Prestazione energetica degli edifici – Ventilazione per gli edifici – Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica
- UNI EN ISO 8996:2005  
Ergonomia dell'ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico
- UNI EN ISO 9920:2009  
Ergonomia dell'ambiente termico - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento
- UNI 10375:2011  
Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti
- UNI EN ISO 52016-1:2018  
Prestazione energetica degli edifici – Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti – Parte 1: Procedure di calcolo
- UNI EN ISO 52017-1:2018  
Prestazione energetica degli edifici – Carichi termici sensibili e latenti e temperature interne – Parte 1: Procedure generali di calcolo
- UNI EN ISO 7726:2002  
Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche.
- UNI/TR 10349-2:2016  
Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto.
- UNI CEN/TR 16798-2:2020. Energy performance of buildings – Ventilation for buildings Part 2: Interpretation of the requirements in EN 16798-1 – Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing air quality, thermal environment, lighting and acoustics (module M1-6).
- UNI/PdR 13.0:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D.3.3</b>
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Benessere termoigrometrico</b>		
<b>CRITERIO: Comfort termico invernale in ambienti climatizzati</b>		

**Il criterio è applicabile solo in presenza di impianto di riscaldamento/condizionamento dell'aria. In assenza di questa tipologia di impianto il criterio è da escludere dalla valutazione complessiva.**

AREA DI VALUTAZIONE		CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor		D.3 Benessere termoigrometrico	
ESIGENZA		PESO DEL CRITERIO	
Garantire un livello soddisfacente di comfort termico invernale in ambienti con impianto di condizionamento.		nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE		UNITÀ DI MISURA	
Indice di categoria del comfort termico.		-	
SCALA DI PRESTAZIONE			
			PUNTI
NEGATIVO	< 0	n.a.	
SUFFICIENTE	0,0	0	
BUONO	3,0	3	
OTTIMO	5,0	5	

**n.a. non accettabile**

### Metodo e strumenti di verifica

#### Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

I criteri a cui si fa riferimento in questa sezione sono applicabili a tutti gli ambienti lavorativi ad obiettivo "comfort termico". Si tratta di ambienti lavorativi in cui non esistono vincoli nel ciclo di lavoro, legati ad esigenze produttive o ambientali, tali da condizionare uno o più parametri microclimatici (ambientali e/o personali) in modo da rendere non realisticamente (tecnicamente) perseguibile il raggiungimento del benessere termo-igrometrico per gli occupanti.

Sono esclusi dalla verifica gli ambienti lavorativi nei quali al contrario esistono vincoli nel ciclo di lavoro che condizionano uno o più parametri microclimatici rendendo non realisticamente (tecnicamente) perseguibile la condizione di comfort termo-igrometrico per gli occupanti.

I presenti criteri si applicano ad ambienti di lavoro in cui siano presenti postazioni di lavoro e destinati allo svolgimento di mansioni e/o compiti lavorativi con una "permanenza significativa" nell'ambiente in questione.

Per "permanenza" significativa s'intende un intervallo di tempo continuativo di almeno 15 minuti [5]. Sono pertanto esclusi gli ambienti non destinati alla permanenza significativa di persone quali zone di circolazione (p.e. corridoi, scale, ingressi), o dove non è previsto lo svolgimento di compiti lavorativi, o con destinazione d'uso specifica (per esempio mense e refettori, palestre e piscine, bagni/servizi, depositi).

Non rientrano nella presente trattazione gli edifici e ambienti adibiti allo svolgimento di attività di tipo sanitario.

#### Applicazione del criterio:

1. Calcolare, per ogni ambiente principale dotato di impianto di condizionamento, l'indice di comfort termico PMV (Voto Medio Previsto) secondo il modello di calcolo previsionale indicato dalla norma UNI EN ISO 7730 [1]. La valutazione dell'indice termico deve essere effettuata considerando condizioni ambientali esterne rappresentative per il periodo invernale. Nel calcolo dell'indice PMV fare riferimento ai dati climatici di progetto per il periodo invernale definiti per

località [7].

Ai fini di contenere il numero complessivo di ambienti da sottoporre a verifica, è possibile individuare tipologie seriali all'interno dell'edificio, ovvero ambienti principali uguali per esposizione all'irraggiamento solare, per dimensioni e per elementi tecnici di involucro e di impianto. Ciascuna tipologia è rappresentata da un ambiente campione. Gli ambienti campione scelti possono essere ritenuti rappresentativi, in fase progettuale-previsionale, delle condizioni ambientali complessive dell'edificio in questione se sono associabili alle condizioni ambientali presenti nel 95% degli spazi (volumi) dell'edificio.

Per ogni tipologia di ambiente campione l'indice PMV può essere calcolato a centro stanza [9], ipotizzando le condizioni di esposizione più sfavorevoli. La determinazione dell'indice PMV può avvenire impiegando programmi di calcolo coerenti con quanto riportato nell'appendice D della UNI EN ISO 7730 oppure facendo riferimento alle tabelle in appendice E della UNI EN ISO 7730. Per il calcolo dell'indice PMV assumere i seguenti dati di input<sup>3</sup>:

- per il valore della resistenza termica dell'abbigliamento  $I_{cl}$  (clo), assumere  $I_{cl} = 1.0$  clo [4];
- per il valore di energia metabolica, assumere un valore rappresentativo dell'attività lavorativa secondo grandezze e metodi di valutazione previsti dalla UNI EN ISO 8996 [3], ad esempio per attività d'ufficio prevalentemente sedentaria risulta  $M = 1,2$  met ( $70 \text{ W/m}^2$ ). Nel caso di attività (mansioni) che prevedano più compiti, con significative differenze di dispendio metabolico, determinare il valore di  $M$  risultante attraverso una mediata pesata sulle attività [3];
- temperatura dell'aria interna  $T_a$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) pari alla temperatura estiva di progetto [1, 2, 5] e comunque, in periodo invernale con riscaldamento,  $T_a$  non deve essere superiore a  $20^{\circ}\text{C}$  (per  $M > 1,4$  met) oppure a  $22^{\circ}\text{C}$  (per  $M \leq 1,4$  met);
- umidità relativa UR (%), assumere il valore di progetto [1, 2, 5];
- velocità relativa dell'aria  $v_a$  (m/s), in base alle caratteristiche dei terminali di immissione dell'aria, assumere il valore di progetto [1, 2, 5];
- per la temperatura media radiante  $T_{mr}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), calcolarne il valore secondo quanto indicato per il criterio D.3.1. "Comfort termico estivo in ambienti climatizzati".

2. Confrontare il risultato di calcolo dell'indice PMV dell'ambiente  $i$ -esimo con le categorie di comfort termico indicate dalla UNI EN ISO 7730 [1] e riportate in tabella D.3.1.a e assegnare l'indice di categoria  $Z$  secondo la stessa tabella:

Categoria di comfort	Intervallo di PMV	Indice di categoria $Z_i$
I	$-0,2 \leq PMV_i \leq 0,2$	5
II	$-0,5 \leq PMV_i \leq 0,5$	3
III	$-0,7 \leq PMV_i \leq 0,7$	0
Non Classificato	$ PMV_i  > 0,7$	(*) n. a.
(*) n.a. – non accettabile		

**Tabella D.3.3.a – Relazione tra categoria di comfort termico e indice  $Z$  dell'ambiente  $i$ -esimo**

L'indice di categoria  $Z$  risulta assegnato sulla base del criterio "qualitativo" illustrato da documento UNI/PdR 13.0:2019 [13].

3. Calcolare il valore  $Z_m$  riferito all'edificio come media pesata degli indici di categoria  $Z_i$  assegnati agli ambienti principali sulle relative superfici utili:

<sup>3</sup> Fare riferimento alla UNI EN ISO 7730 per i limiti di applicabilità del metodo di calcolo dell'indice PMV.

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:

$Z_i$  = indice di categoria dell'ambiente i-esimo, [-];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m<sup>2</sup>].

Confrontare il valore medio dell'indice di categoria  $Z_m$  con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

Il punteggio da attribuire al criterio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

### Normativa di riferimento

- UNI EN ISO 7730:2006  
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 16798-1:2019  
Prestazione energetica degli edifici – Ventilazione per gli edifici – Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica
- UNI EN ISO 8996:2005  
Ergonomia dell'ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico
- UNI EN ISO 9920:2009  
Ergonomia dell'ambiente termico - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento
- UNI 10339: 1995  
Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta l'offerta, l'ordine e la fornitura
- UNI EN ISO 7726:2002  
Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche
- UNI/TR 10349-2:2016  
Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto
- CEN/TR 16798-2. Energy performance of buildings – Ventilation for buildings  
Part 2: Interpretation of the requirements in EN 16798-1 – Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing air quality, thermal environment, lighting and acoustics (module M1-6)
- UNI EN ISO 52016-1:2018  
Prestazione energetica degli edifici – Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti – Parte 1: procedure di calcolo
- UNI CEN ISO/TR 52016-2:2018  
Prestazioni energetiche degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 2: Spiegazione e giustificazione della ISO 52016-1 e della ISO 52017-1
- UNI EN 12831-1:2018  
Prestazione energetica degli edifici – Metodo per il calcolo per il carico termico di progetto – Parte 1: Carico termico per il riscaldamento degli ambienti, Modulo M3-3
- D.P.R. 16-4-2013 n. 74  
Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192. Pubblicato nella Gazz. Uff. 27 giugno 2013, n. 149 e s.m.i
- UNI/PdR 13.0:2019. Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	D.4.1
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Benessere visivo</b>		
<b>CRITERIO: Illuminazione naturale</b>		

AREA DI VALUTAZIONE		CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor		D.4 Benessere visivo	
ESIGENZA		PESO DEL CRITERIO	
Garantire un livello adeguato di illuminazione naturale negli ambienti principali.		nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE		UNITÀ DI MISURA	
Rapporto tra il fattore medio di luce diurna dell'edificio in esame e il fattore medio di luce diurna dell'edificio limite.		%	
SCALA DI PRESTAZIONE			
	%	PUNTI	
NEGATIVO	< 100	n.a.	
SUFFICIENTE	100	0	
BUONO	115	3	
OTTIMO	125	5	

### Metodo e strumenti di verifica

#### Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

Al fine di evitare condizioni di discomfort visivo dovuto ad abbagliamento e di ridurre i carichi termici estivi dovuti all'apporto di radiazione solare incidente, nell'applicazione del criterio D.4.1 sull'illuminazione naturale si considera come prerequisito un valore massimo del fattore medio di luce diurna pari a 10%. Pertanto se in fase di progetto e/o di collaudo e/o di esercizio non è rispettato il suddetto prerequisito in un singolo ambiente, il criterio di valutazione D.4.1 non viene rispettato e la valutazione è da ritenersi complessivamente NEGATIVA ad esito "non accettabile".

In merito alle modalità per il soddisfacimento del prerequisito in discorso si rinvia al Manuale all'argomento Ombreggiamento estivo e irraggiamento invernale delle superfici.

Se in fase di progetto e/o di collaudo e/o di esercizio un singolo ambiente, oggetto di verifica in base a quanto di seguito indicato, non rispetta il valore minimo di riferimento del fattore medio di luce diurna, il criterio di valutazione D.4.1 non viene rispettato e la valutazione è da ritenersi complessivamente NEGATIVA ad esito "non accettabile".

(Gli Enti di controllo accertano il rispetto del requisito anche a opera eseguita in base a misurazioni in situ, pertanto è richiesta la verifica oltre che in fase di progetto, anche in fase di collaudo e/o di esercizio, da effettuare con le modalità previste per tale fase).

I criteri a cui si fa riferimento in questa sezione sono applicabili a tutti gli ambienti lavorativi ad obiettivo "comfort visivo". Si tratta di ambienti lavorativi in cui non esistono vincoli nel ciclo di lavoro, legati ad esigenze produttive o ambientali, tali da condizionare uno o più parametri di illuminazione naturale, in modo da rendere non realisticamente (tecnicamente) perseguibile il raggiungimento del benessere visivo per gli occupanti.

Sono esclusi dalla verifica gli ambienti lavorativi nei quali al contrario esistono vincoli nel ciclo di lavoro o altre esigenze specifiche connesse con la destinazione d'uso che condizionano uno o più

parametri di illuminazione naturale, rendendo non realisticamente (tecnicamente) perseguibile la condizione di comfort visivo per gli occupanti.

Ad eccezione degli edifici scolastici per i quali la norma UNI 10840:2007 prevede specificatamente i valori di  $\eta_{m,lim}$  anche per ingressi, aree di circolazione e corridoi, scale e bagni, sono altresì esclusi dalla verifica gli ambienti quali zone di circolazione (per esempio corridoi, scale e ingressi) o con destinazione d'uso specifica (per esempio bagni/servizi, spogliatoi) o i locali interrati e seminterrati destinati al lavoro in seguito a concessione di deroga e in caso di particolari esigenze tecniche legate al ciclo produttivo, qualora l'illuminazione naturale non sia tecnicamente realizzabile.

Il fattore medio di luce diurna dipende sia dalla destinazione generale dell'edificio sia dalla funzione propria dei singoli spazi all'interno di esso. I valori limite di riferimento del fattore medio di luce diurna riportati nella Tabella D.4.1.c discendono da indicazioni legislative e normative che indicano valori minimi di 0,7% per le aree occupate con "permanenza non significativa" da lavoratori e valori di 2% ed ancora crescenti per le aree con "permanenza significativa"; quanto sopra ad esclusione dei locali per i quali in Tabella D.4.1.c è riportato un valore unico di  $\eta_{m,lim}$ , che in tal caso deve essere applicato sia con "permanenza non significativa" che con "permanenza significativa" (rif. *Linee guida ISPESL Parte I punto 4.2 e Parte II punto 2*).

Per aree occupate con "permanenza significativa" s'intende quelle in cui sia previsto che almeno un occupante svolga mediamente attività di tipo lavorativo per almeno un ora al giorno (rif. *Decreto 11/10/2017 – CAM punto 2.3.5.1*)

Non rientrano nella presente trattazione gli edifici e ambienti adibiti e all'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private.

### Fase di progetto

1. Calcolare per ogni ambiente il fattore medio di luce diurna ( $\eta_m$ ) applicando la formula seguente in conformità al metodo previsionale indicato dalla norma UNI 10840:2007 (Appendice A):

$$\eta_m = \frac{\sum \varepsilon_i \cdot \tau_i \cdot A_i \cdot \Psi_i}{S \cdot (1 - \rho_m)}$$

dove:

$\tau_i$  = fattore di trasmissione luminosa relativo al vetro della finestra i-esima [-];

$A_i$  = area della superficie trasparente (telaio escluso) della finestra i-esima [m<sup>2</sup>];

$\varepsilon_i$  = fattore finestra rappresentativo della porzione di volta celeste vista dalla finestra i-esima [-];

$\Psi_i$  = fattore di riduzione del fattore  $\varepsilon_i$  dovuto all'arretramento della finestra rispetto al filo facciata [-];

$S$  = area totale delle superfici interne che delimitano l'ambiente [m<sup>2</sup>];

$\rho_m$  = fattore medio di riflessione luminosa delle superfici che delimitano l'ambiente [-].

Il calcolo deve essere svolto non considerando l'eventuale presenza di schermature mobili delle finestre (p.e. tende, veneziane, ecc.); il fattore finestra  $\varepsilon$  invece deve tener conto di elementi di ombreggiamento fissi (p.e. aggetti esterni) e di ostruzioni esterne (p.e. edifici prospicienti).

Ai fini di contenere il numero complessivo di ambienti da sottoporre a verifica, è possibile individuare tipologie seriali all'interno dell'edificio, ovvero ambienti principali analoghi per dimensioni del locale e delle aperture, per caratteristiche ottiche dei componenti trasparenti e di riflessione luminosa delle superfici interne, per altezza dal terreno e distanza da ostruzioni esterne prospicienti. Pertanto, in relazione alle ostruzioni esterne, svolgere la verifica considerando sempre i primi piani fuori terra e non solo un piano tipo dell'edificio.

Per il calcolo del fattore medio di riflessione luminosa ( $\rho_m$ ) applicare la media pesata dei fattori di riflessione delle superfici i-esime  $S_i$  che delimitano l'ambiente secondo la seguente formula:

$$\rho_m = \frac{\sum S_i \cdot \rho_i}{\sum S_i}$$

dove:

$S_i$  = area della superficie i-esima che delimita l'ambiente [ $m^2$ ];

$\rho_i$  = fattore di riflessione luminosa della superficie i-esima [-].

A titolo indicativo, in assenza di specifiche indicazioni, si riporta in tabella D.4.1.a il fattore di riflessione luminosa per alcuni materiali di rivestimento comunemente impiegati in edilizia.

<b>Materiale e colore del rivestimento</b>	<b>fattore di riflessione luminosa, <math>\rho</math></b> [-]
Intonaco comune bianco	0.8
Intonaco di colore molto chiaro (p.e. avorio, giallo chiaro)	0.7
Intonaco di colore chiaro (p.e. grigio perla, rosa chiaro)	0.5
Intonaco di colore medio (p.e. verde chiaro, azzurro, beige)	0.4
Intonaco di colore scuro (p.e. verde oliva, rosso)	0.2
Pavimenti di tinta chiara, legno chiaro	0.5
Mattone chiaro	0.4
Mattone scuro, cemento, legno scuro, pavimenti di tinta scura	0.2
Lastra di vetro chiaro	0.1

**Tabella D.4.1.a – Fattore di riflessione luminosa per materiali di rivestimento**

Analogamente, in assenza di specifiche indicazioni, si riporta in tabella D.4.1.b il fattore di trasmissione luminosa per alcune tipologie di componenti trasparenti.

<b>Componente trasparente</b>	<b>fattore di trasmissione luminosa, <math>\tau</math></b> [-]
Vetro singolo (4 mm)	0.90
Doppio vetro (4 - 16 - 4)	0.81
Doppio vetro (4 - 16 - 4) con coating basso emissivo	0.76
Doppio vetro stratificato (4 - 14 - 33.1) con coating basso emissivo	0.75
Doppio vetro stratificato (4 - 14 - 33.1) con coating basso emissivo e protezione solare (fatt. solare $g = 0.28$ )	0.42
Doppio vetro stratificato (6 - 16 - 6.2) con gas Argon	0.77
Lastra di polycarbonato doppia pelle (6 mm) - chiaro	0.82
Lastra di polycarbonato doppia pelle (6 mm) - opalino	0.64
Lastra di polycarbonato tripla pelle (10 mm) - chiaro	0.73

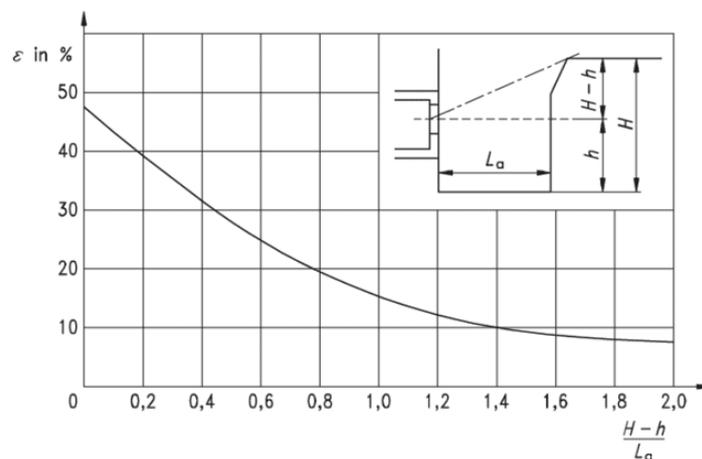
Lastra di policarbonato tripla pelle (10 mm) - opalino	0.52
Lastra di vetro acrilico singolo strato - chiaro	0.92
Lastra di vetro acrilico singolo strato - opalino	0.83

**Tabella D.4.1.b – Fattore di trasmissione luminosa di componenti trasparenti (da UNI EN 15193)**

Per il calcolo del fattore finestra  $\epsilon$ , in relazione alla porzione di cielo vista dal baricentro della finestra, assegnare i valori seguenti:

1.  $\epsilon = 1.0$  per finestre orizzontali (lucernari) senza ostruzioni esterne;
2.  $\epsilon = 0.5$  per finestre verticali senza di ostruzioni esterne;
3.  $\epsilon < 0.5$  per finestre verticali con ostruzioni esterne.

Nel caso di finestre verticali con ostruzioni esterne, il fattore finestra  $\epsilon$  può essere determinato facendo riferimento al grafico di Figura D.4.1.a, come riportato in Appendice A della norma UNI 10840:2007.



**Figura D.4.1.a – Determinazione del fattore finestra  $\epsilon$  (finestre verticali)**

dove:

$h$  = altezza della finestra dal piano stradale [m];

$H$  = altezza dell'ostruzione contrapposta [m];

$L_a$  = larghezza della strada [m].

Per il calcolo del fattore di riduzione  $\psi$  fare riferimento al grafico di Figura D.4.1.b, come riportato in Appendice A della norma UNI 10840:2007, previa determinazione dei rapporti  $h_f/p$  e  $L_f/p$ .

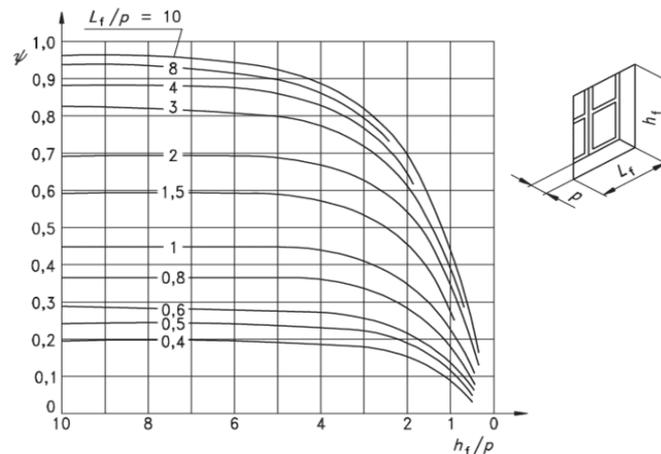


Figura D.4.1.b – Determinazione del fattore di riduzione  $\psi$

dove:

$p$  = distanza tra finestra e filo facciata [m];

$h_f$  = altezza del vano finestra [m];

$L_f$  = larghezza del vano finestra [m].

Nel caso di finestre verticali con ostruzioni superiori (aggetti esterni) e/o ostruzioni esterne (edifici prospicienti), il fattore finestra  $\epsilon$  può essere calcolato facendo riferimento alle seguenti formule e schemi.

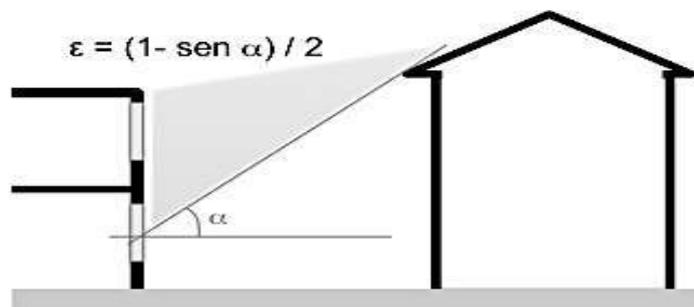


Figura D.4.1.c – Con ostruzione frontale (caso 1)  
(Formula alternativa al grafico di fig. D.4.1.a)

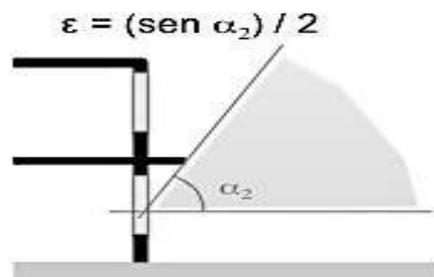


Figura D.4.1.d – Con ostruzione superiore (caso 2)

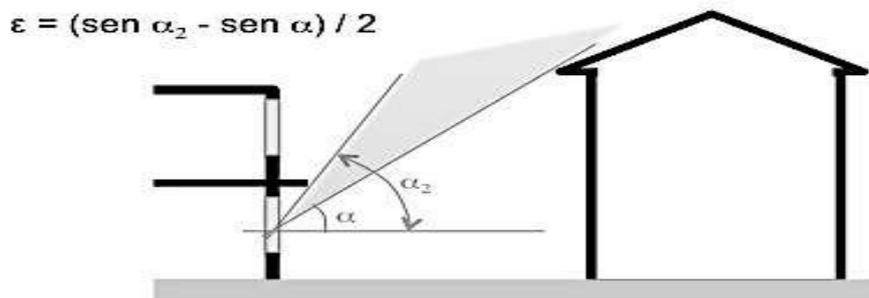


Figura D.4.1.e – Con ostruzione frontale e superiore (caso 3)

2. Calcolare il valore  $\eta_m$  riferito all'edificio in progetto come media pesata dei valori  $\eta_{m,i}$  calcolati per i singoli ambienti sulle relative superfici utili:

$$\eta_m = \frac{\sum (\eta_{m,i} \cdot S_{u,i})}{\sum S_{u,i}}$$

dove:

$\eta_{m,i}$  = fattore medio di luce diurna dell'ambiente i-esimo, [%];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m<sup>2</sup>].

3. Calcolare il valore  $\eta_{m,lim}$  riferito all'edificio limite come media pesata dei valori limite di riferimento  $\eta_{m,lim,i}$ , individuati nella tabella D.4.1.c in funzione della destinazione d'uso dei singoli ambienti, sulle relative superfici utili:

$$\eta_{m,lim} = \frac{\sum (\eta_{m,lim,i} \cdot S_{u,i})}{\sum S_{u,i}}$$

dove:

$\eta_{m,lim,i}$  = fattore medio di luce diurna limite dell'ambiente i-esimo, [%];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m<sup>2</sup>].

Destinazione d'uso	$\eta_{m,lim}$ (Permanenza Significativa)	$\eta_{m,lim}$ (Permanenza Non Significativa)
<b>PUBBLICO SPETTACOLO, ATTIVITA' RICREATIVE E ASSOCIATIVE</b>		
<b><u>Cinema, Teatri, Sale per Congressi/Riunioni</u></b>		
Zone pubblico (escluse sale spettacolo e o proiezione)	0,7	0,7
Atri, sale di attesa, bar	2	0,7
<b><u>Mostre, Musei, Biblioteche</u></b>		
Sale mostre, pinacoteche, musei	2	0,7
Sala lettura biblioteche	2	0,7
<b><u>Bar, Ristoranti, Sale da ballo</u></b>		

Bar	2	0,7
Pasticcerie	2	0,7
Sale pranzo ristoranti/self service	2	0,7
Cucine	2	
Sale da ballo	2	0,7
<b><u>Tutti i tipi di locali</u></b>		
Zone per fumatori	0,7	
<b>EDIFICI ADIBITI AD ATTIVITA COMMERCIALI E ASSIMILABILI</b>		
<b><u>Grandi magazzini</u></b>		
Piani fuori terra	2	0,7
<b><u>Negozi o reparti di Grandi Magazzini</u></b>		
Barbieri,saloni di bellezza	2	0,7
Abbigliamento, calzature, mobili	2	0,7
Ottici,fioristi	2	0,7
Fotografi	2	0,7
Alimentari	2	0,7
Farmacie	2	0,7
Lavasecco	2	0,7
<b><u>Alberghi e pensioni</u></b>		
Ingresso,soggiorni	2	
Sale conferenze (piccole), auditori (grandi)	2	
Sale da pranzo	2	
Camere da letto	2	
<b><u>Altri ambienti</u></b>		
Zone pubblico delle banche	2	0,7
Borse	2	0,7
Quartieri fieristici	2	0,7
Attese stazioni e metropolitane	2	0,7
<b>AMBIENTI INDUSTRIALI, LOCALI ACCESSORI E UFFICI MAGAZZINI</b>		
<b><u>Ambienti industriali</u></b>		
In generale *	2	0,7
Depositi, magazzini, archivi *	2	0,7
<b><u>Locali per uffici e assimilabili</u></b>		
Uffici, box-ufficio singoli	2	0,7

Uffici open space	2	0,7
Lavoro ai VDT	2	0,7
<b><u>Locali ausiliari</u></b>		
Cucine	2	
Refettori	2	
Ambulatori, camere di medicazione,	2	
<b>EDILIZIA SCOLASTICA</b>		
<b><u>Aule</u></b>		
Giochi e nido in asili nido e scuole materne (scuole dell'infanzia)	5	
Lavori artigianali in asili nido e scuole materne (scuole dell'infanzia)	3	
Lezione, educazione artistica, disegno tecnico, educazione tecnica, lavori artigianali, musica, preparazione e officine studio, lettura, laboratori, disegno <b>in</b> scuole elementari (primarie di 1° grado), scuole medie inferiori (primarie di 2° grado), scuole medie superiori (secondarie di 2° grado), università	3	
<b><u>Altri locali</u></b>		
Sale di lettura	3	
Laboratori di insegnamento, di informatica, linguistici	3	
Aule comuni e Aula Magna	2	
Sale professori	2	
Biblioteca: area di lettura	3	
Magazzini materiale didattico	1	
Palazzetti, palestre e piscine	2	
Mensa	2	
Ingressi, Aree di circolazione e corridoi, Scale	1	
Bagni	1	

**Tabella D.4.1.c – Valori limite di riferimento del fattore medio di luce diurna<sup>4</sup>**

Note:

\*= con esclusione degli ambienti lavorativi nei quali esistono vincoli nel ciclo di lavoro che condizionano uno o più parametri di illuminazione naturale, rendendo non realisticamente (tecnicamente) perseguibile la condizione di comfort visivo per gli occupanti.

<sup>4</sup> Valori limite individuati in base alle Linee Guida “Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro” - anno 2006 del Coordinamento tecnico interregionale della Prevenzione nei luoghi di lavoro in collaborazione con I.S.PeS.L., e in base alla norma UNI 10840:2007, da confrontare con eventuali requisiti definiti da regolamenti comunali edilizi e di igiene.

4. Calcolare l'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra il fattore medio di luce diurna dell'edificio da valutare (B) e il fattore medio di luce diurna dell'edificio limite (A):

$$\text{Indicatore} = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{\eta_m}{\eta_{m,\text{lim}}} \cdot 100$$

5. Confrontare il valore calcolato con il benchmark della scala prestazionale e attribuire il punteggio al criterio per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

### Normativa di riferimento

- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n. 3151, 22 maggio 1967  
Norme per la definizione e la misura delle grandezze atte a rappresentare le proprietà termiche, igrometriche, e di ventilazione delle costruzioni edilizie
- LINEE GUIDA del Coordinamento Tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome, in collaborazione con Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del Lavoro – anno 2006  
Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro – Requisiti e standard Indicazioni operative e progettuali
- UNI 10840:2007  
Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale
- UNI EN 15193:2008  
Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione
- UNI 10349  
Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici
- UNI EN 13363-1  
Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate. Calcolo della trasmittanza solare e luminosa. Metodo semplificato
- UNI EN 13363-2  
Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate. Calcolo della trasmittanza solare e luminosa. Metodo di calcolo dettagliato
- DECRETO 11 ottobre 2017  
Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici
- UNI/TS 11826 Luglio 2021  
Luce e illuminazione – Illuminazione di interni residenziali domestici con luce artificiale”
- UNI EN 17037-2022  
Luce diurna negli edifici

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D4.4</b>
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Benessere Visivo</b>		
<b>CRITERIO: Vista verso l'esterno</b>		

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità Ambientale Indoor	D4. Benessere Visivo	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Garantire la presenza di una adeguata vista verso l'esterno.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITÀ DI MISURA	
Indice di categoria della qualità della vista verso l'esterno.	-	
SCALA DI PRESTAZIONE		
		PUNTI
NEGATIVO	< 0,0°	-1
SUFFICIENTE	0,0	0
BUONO	3,0	3
OTTIMO	5,0	5

### Metodo e strumenti di verifica

#### Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

Il criterio si applica a tutti gli ambienti lavorativi ad obiettivo “comfort visivo”. Si tratta di ambienti lavorativi in cui non esistono vincoli nel ciclo di lavoro, legati ad esigenze produttive o ambientali, tali da condizionare i parametri relativi alla vista verso l'esterno, in modo da rendere non realisticamente (tecnicamente) perseguibile il raggiungimento del benessere visivo per gli occupanti.

Sono esclusi dalla verifica gli ambienti lavorativi nei quali al contrario esistono vincoli nel ciclo di lavoro o altre esigenze specifiche connesse con la destinazione d'uso che condizionano i parametri relativi alla vista verso l'esterno, rendendo non realisticamente (tecnicamente) perseguibile la condizione di comfort visivo per gli occupanti.

Sono altresì esclusi dalla verifica gli ambienti quali zone di circolazione (per esempio corridoi, scale e ingressi o con destinazione d'uso specifica (per esempio bagni/servizi, spogliatoi) o i locali interrati e seminterrati destinati al lavoro in seguito a concessione di deroga e in caso di particolari esigenze tecniche legate al ciclo produttivo, qualora l'illuminazione naturale non sia tecnicamente realizzabile.

I presenti criteri si applicano ad ambienti di lavoro in cui siano presenti postazioni di lavoro e destinati allo svolgimento di mansioni e/o compiti lavorativi con una “permanenza significativa” nell'ambiente in questione.

Per ambienti occupati con “permanenza significativa” s'intende quelli in cui sia previsto che almeno un occupante svolga mediamente attività di tipo lavorativo per almeno un'ora al giorno. (rif. Decreto 11/10/2017 – CAM punto 2.3.5.1)

Non rientrano nella presente trattazione gli edifici e ambienti adibiti e all'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private.

Con adeguata vista verso l'esterno si intende la presenza di aperture che permettano di vedere elementi del paesaggio a livello degli occhi di una persona sdraiata o seduta, a seconda dell'area funzionale di riferimento.

In fase di collaudo verrà effettuato un controllo di conformità al progetto. Il progettista dovrà dimostrare la conformità dell'opera realizzata al progetto ed al requisito mediante DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ, con particolare riferimento agli elementi e ai dati riportati in sede progettuale.

### Fase di progetto

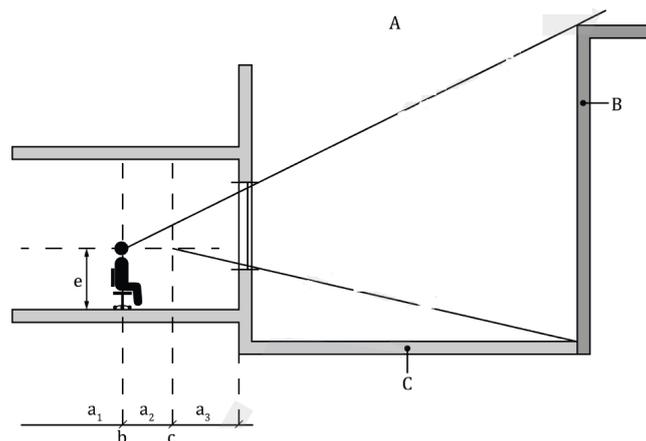
1. Per ognuno dei locali di cui al punto precedente, verificare il valore dell'indice di categoria  $Z_i$  relativo alla qualità della vista verso l'esterno utilizzando la Tabella A.5 dell'Appendice A paragrafo A.3 della norma UNI EN 17037, di seguito illustrata:

Categoria della qualità della vista verso l'esterno	Angolo di vista orizzontale	Distanza vista	Elementi visibili (paesaggio, suolo, cielo) visibili da almeno il 75% dell'area del locale	Indice di categoria $Z_i$
Insufficiente	$< 14^\circ$	$< 6$ m	Nessuno	-1
Minima	$\geq 14^\circ$	$\geq 6$ m	Almeno il paesaggio	0
Media	$\geq 28^\circ$	$\geq 20$ m	Paesaggio e uno tra cielo e suolo	3
Alta	$\geq 54^\circ$	$\geq 50$ m	Paesaggio, cielo e suolo	5

Parametri considerati:

- angolo di vista orizzontale: è il valore in gradi dell'angolo di vista verso l'esterno dal centro dell'apertura;
- distanza della vista: distanza tra la superficie interna dell'apertura e gli ostacoli principali situati di fronte ad essa;
- elementi visibili: sono i tre strati di cui è costituita la vista verso l'esterno ovvero paesaggio, suolo e al cielo.

Per determinare il numero di elementi visibili applicare il metodo semplificato descritto nell'Appendice C paragrafo C4.1 della norma UNI EN 17037 e riassunto nel seguente schema:



Dove:

- $a_1$ , corrisponde alla linea in cui è visibile il solo elemento paesaggio;
- $a_2$ , corrisponde alla linea in cui sono visibili gli elementi paesaggio e cielo;
- $a_3$ , corrisponde alla linea in cui sono visibili tutti gli elementi (paesaggio, cielo e suolo);
- $e$ , corrisponde all'altezza degli occhi (1,2 metri per una persona seduta e 1,7 metri per una che svolge la propria attività in piedi);
- $A =$  cielo;

- B = paesaggio;
- C = al suolo.

L'indice di categoria ( $Z$ ) di un locale corrisponde alla categoria di qualità della vista verso l'esterno di valore più elevato per la quale tutti i parametri sono soddisfatti (angolo di vista orizzontale, distanza della vista, elementi visibili).

2. Calcolare il valore  $Z_m$  riferito all'edificio come media pesata degli indici di categoria  $Z_i$  assegnati ai locali verificati sulle relative superfici utili:

$$Z_m = \frac{\sum Z_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} = [-]$$

dove:

$Z_i$  = indice di categoria dell'ambiente i-esimo, [-];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo, [m<sup>2</sup>].

Confrontare il valore medio dell'indice di categoria  $Z_m$  con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio. Il punteggio si ricava per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

### **Normativa di riferimento**

UNI EN 17037:2022 – Luce diurna negli edifici

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>		NUOVA COSTRUZIONE	<b>D.5.5</b>
		RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Benessere acustico</b>			
<b>CRITERIO: Indicatori di comfort acustico</b>			
Edifici scolastici	Edifici per attività ricreative (biblioteche)	Edifici per attività sportive (palestre/piscine)	

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D.5 Benessere acustico	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Garantire una correzione acustica adeguata della riverberazione sonora negli ambienti principali e una buona intelligibilità del parlato.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITÀ DI MISURA	
Media di tre indicatori % descrittivi della prestazione applicabili alle diverse destinazioni d'uso dei locali.	%	
SCALA DI PRESTAZIONE		
	%	PUNTI
NEGATIVO	-	-1
SUFFICIENTE	100	0
BUONO	85	3
OTTIMO	75	5

### Metodo e strumenti di verifica

Il criterio si applica alle nuove costruzioni e alle ristrutturazioni; si riportano in seguito le destinazioni d'uso da considerare come "ambiente principale" in relazione alla categoria di edificio:

- **edifici scolastici:** applicare il criterio considerando per "ambienti principali" aule scolastiche e laboratori didattici, biblioteche e sale lettura, uffici a servizio dell'istituto scolastico (p.e. sala docenti, presidenza, uffici amministrativi), palestre e piscine. Sono esclusi dalla verifica ambienti non destinati alla permanenza di persone quali zone di circolazione (p.e. corridoi, scale, ingressi) o con destinazione d'uso specifica (p.e. bagni/servizi, depositi);
- **edifici per attività ricreative (biblioteche):** applicare il criterio considerando per "ambienti principali" sale lettura, aule didattiche, uffici a servizio della biblioteca (p.e. uffici amministrativi). Sono esclusi dalla verifica ambienti non destinati alla permanenza di persone quali zone di circolazione (p.e. corridoi, scale, ingressi) o con destinazione d'uso specifica (p.e. bagni/servizi, archivi, depositi);
- **edifici per attività sportive (palestre/piscine):** applicare il criterio considerando per "ambienti principali" lo spazio occupato dal pubblico e le aree di gioco/attività sportiva. Sono esclusi dalla verifica ambienti non destinati alla permanenza di persone quali zone di circolazione (p.e. corridoi, scale, ingressi) o con destinazione d'uso specifica (p.e. spogliatoi, bagni/servizi, depositi).

I descrittori acustici trattati nella presente scheda sono illustrati di seguito:

- **Speech Transmission Index(STI)**  
Grandezza fisica che rappresenta la qualità della trasmissione del parlato in relazione all'intelligibilità secondo il seguente schema (CEI EN 60268-16):

Valori di STI	Qualità del parlato in accordo con la CEI EN 60268-16
$0 < STI \leq 0,3$	Pessimo
$0,3 < STI \leq 0,45$	Scarso
$0,45 < STI \leq 0,6$	Accettabile
$0,6 < STI \leq 0,75$	Buono
$0,75 < STI \leq 1$	Eccellente

I valori di STI sono pertanto compresi tra 0 e 1 e sono determinati secondo CEI EN 60268-16 e UNI EN ISO 3382-3. I valori di riferimento per tale indicatore (STI<sub>lim</sub>) sono attualmente disponibili per la sola destinazione d'uso scolastica, secondo il disposto della norma UNI 11532-2:2020. Il metodo previsionale per il calcolo dell'indicatore è descritto dalla Appendice A - UNI 11532-1:2018.

- **Tempo di riverberazione (T<sub>m</sub>)**

Tempo necessario perché il livello di pressione sonora si riduca di 60 dB successivamente all'interruzione della sorgente sonora, determinabile sperimentalmente secondo le norme della serie UNI EN ISO 3382.

I valori di riferimento per tale indicatore (T<sub>ott</sub>) sono attualmente disponibili per la sola destinazione d'uso scolastica, secondo il disposto della norma UNI 11532-2:2020, dal momento che le indicazioni contenute nella norma UNI 11532:2014 valide per destinazioni d'uso differenti (uffici) saranno oggetto di diverse sezioni della norma UNI 11532:2018, in quanto la precedente norma è attualmente ritirata.

Il metodo previsionale per il calcolo dell'indicatore è descritto dalla UNI 12354-6.

- **Rapporto tra Area di assorbimento e Volume (A/V)**

All'interno della destinazione scolastica, per le aree e gli spazi non destinati all'apprendimento<sup>5</sup>, anziché utilizzare l'indicatore tempo di riverberazione T, si preferisce identificare il rapporto tra Area di assorbimento [m<sup>2</sup>] e Volume [m<sup>3</sup>], in quanto le caratteristiche geometriche dell'ambiente (il volume e l'altezza del locale) vincolano la prestazione in relazione alla frequenza (250Hz-2000Hz).

I valori di A/V sono determinati per ciascun ambiente pertinente l'applicazione della norma (cfr. Tabella D.5.5.a).

I valori di riferimento per tale indicatore (A/V<sub>lim</sub>) sono attualmente disponibili per la sola destinazione d'uso scolastica, secondo il disposto della norma UNI 11532-2:2020.

Categoria	Descrizione attività	Descrittori acustici applicabili
1	Aule didattiche, aule per seminari, aule magna (Lezione/comunicazione come parlato/ conferenza interazione insegnante studente) [A3]	STI, T <sub>m</sub>
2	Palestre piscine [A5]	T <sub>m</sub>
3	Biblioteche [A6.3]	A/V
4	Mense [A6.4]	A/V

**Tabella D.5.5.a - Categoria degli edifici**

<sup>5</sup> (Ambienti espositivi con interattività oppure sorgente di rumore elevata (Multimedia, arte visive e suoni, ecc), Spazi di studio, spazi/corridoi per attività didattiche alternative/ricreative, in scuole di ogni ordine e grado. Laboratorio, Biblioteche. Reception / area desk (bidelleria) con postazione di lavoro fissa Laboratorio con postazione di lavoro fissa, mense in scuole di ogni ordine e grado. Area distribuzione nelle mense)

1. Per ogni ambiente principale calcolare i seguenti descrittori acustici, pertinenti la destinazione d'uso di cui alla Tabella D.5.5.a, applicando i modelli di calcolo previsionale definiti dalla normativa tecnica.

1.1. Tempo di riverberazione

Il tempo di riverberazione ( $T_f$ ) va calcolato secondo il metodo previsionale indicato dalle norme UNI 11532 e UNI EN 12354-6 con la formula seguente:

$$T_f = \frac{0.16 \cdot V}{A_f} \quad [s]$$

dove:

$T_f$  = tempo di riverberazione ad una specifica frequenza  $f$  espressa in banda di ottava [s];

$V$  = volume dell'ambiente [ $m^3$ ]

$A_f$  = area totale di assorbimento equivalente alla frequenza  $f$  espressa in banda di ottava [ $m^2$ ].

La verifica del tempo di riverberazione deve essere svolta almeno per le bande di ottava da 250 Hz a 2000 Hz.<sup>6</sup>

Al fine di contenere il numero complessivo di ambienti da sottoporre a verifica, è possibile individuare tipologie seriali all'interno dell'edificio, ovvero ambienti principali uguali per dimensioni del locale e per caratteristiche di assorbimento acustico delle superfici interne.

L'area totale di assorbimento equivalente  $A_f$  può essere calcolata con la formula seguente:

$$A_f = \sum S_i \cdot \alpha_f = [m^2]$$

dove:

$S_i$  = area dell'elemento o superficie  $i$ -esima [ $m^2$ ]

$\alpha_f$  = coefficiente di assorbimento acustico alla frequenza  $f$  in banda di ottava della superficie  $i$ -esima [-].

Nel calcolare l'area totale di assorbimento equivalente  $A_f$  di ogni ambiente principale, in riferimento a quanto indicato dal quadro legislativo per gli edifici scolastici<sup>7</sup>, deve essere considerata la presenza di arredi e l'assenza di persone occupanti.

A titolo indicativo, si riportano in seguito i valori di coefficiente di assorbimento acustico in bande di ottava per alcuni materiali edilizi (Tabella D.5.5.b) e di area totale di assorbimento equivalente per alcuni elementi di arredo (Tabella D.5.5.c). Per interventi di correzione acustica degli ambienti mediante impiego di materiali ed elementi fonoassorbenti specifici (p.e. pannelli fibrosi o porosi, risuonatori acustici, lastre vibranti), si rimanda alla lettura delle schede tecniche di prodotti in commercio e ai testi di acustica architettonica.

<sup>6</sup> Per una verifica più approfondita l'analisi dovrebbe essere estesa all'intervallo 125 ÷ 4000 Hz per bande di ottava, con riferimento alla UNI 11532 per i valori di tolleranza sul tempo di riverberazione alla frequenza di 125 Hz.

<sup>7</sup> Circ. Min. LLPP n. 3151, 22 maggio 1967 "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici"; D.M. 18/12/1975 "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica".

Materiale	coeff. assorbimento acustico, $\alpha$ [-] in bande di ottava alla frequenza centrale in Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Mattoni intonacati, calcestruzzo	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
Mattoni non intonacati	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07
Rivestimenti rigidi per pavimenti (piastrelle, linoleum, PVC)	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
Rivestimenti morbidi per pavimenti (moquette)	0.02	0.03	0.06	0.15	0.30	0.40
Pavimento in legno, parquet su assi	0.12	0.10	0.06	0.05	0.05	0.06
Lastra di vetro, finestra	0.12	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02
Porta in legno	0.14	0.10	0.06	0.08	0.08	0.08
Tendaggio (0.2 kg/m <sup>2</sup> ) davanti a superficie rigida	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
Tendaggio increspato (0.4 kg/m <sup>2</sup> ) davanti a superficie rigida	0.10	0.40	0.70	0.90	0.95	1.00
Griglia di aerazione (area aperta al 50%)	0.30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Superficie dell'acqua (piscine)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03

**Tabella D.5.5.b - Coefficiente di assorbimento acustico di materiali edilizi (da UNI EN 12354-6)**

Elemento	area di assorbimento equivalente, $A$ [m <sup>2</sup> ] in bande di ottava alla frequenza centrale in Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Sedia singola in legno	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04
Sedia singola imbottita	0.10	0.20	0.25	0.30	0.35	0.35
Persona seduta	0.10	0.45	0.80	0.90	0.95	1.00
Persona in piedi	0.10	0.45	0.80	1.20	1.30	1.40

**Tabella D.5.5.c - Area totale di assorbimento equivalente di elementi di arredo (da UNI EN 12354-6)**

- 1.1.1. Calcolare per ogni ambiente principale il tempo di riverberazione ( $T_i$ ) come media aritmetica dei valori del tempo di riverberazione  $T_f$  in banda di ottava definito al punto 1.1.:

$$T_i = \frac{T_{250\text{Hz}} + T_{500\text{Hz}} + T_{1000\text{Hz}} + T_{2000\text{Hz}}}{4} \quad [s]$$

- 1.1.2. Calcolare il valore medio del tempo di riverberazione ( $T_m$ ) riferito all'intero edificio come media pesata dei valori calcolati di tempo di riverberazione  $T_i$  per i singoli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$T_m = \frac{\sum T_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} \quad [s]$$

dove:

$T_i$  = tempo di riverberazione dell'ambiente i-esimo [s];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo [m<sup>2</sup>]

- 1.1.3. Calcolare il valore medio del tempo di riverberazione riferito all'edificio limite ( $T_{m,ott}$ ) come media pesata dei valori limite del tempo di riverberazione riportati in Tabella D.5.5.d (in funzione delle destinazioni d'uso) per i singoli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$T_{m,ott} = \frac{\sum T_{ott,i} \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}} \quad [s]$$

dove:

$T_{ott,i}$  = tempo di riverberazione limite in relazione alla destinazione d'uso dell'ambiente i-esimo [s];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo [m<sup>2</sup>]

<b>Categoria</b>	<b>Ambiente occupato all'80%</b>	
1	$T_{ott}=(0,32 \cdot \log V - 0,17)$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 5000 \text{ m}^3$
<b>Categoria</b>	<b>Ambiente non occupato</b>	
2	$T_{ott}=(0,75 \cdot \log V - 1,00)$	$200 \text{ m}^3 \leq V < 10000 \text{ m}^3$
	$T_{ott}= 2,00$	$V \geq 10000 \text{ m}^3$

**Tabella D.5.5.d - Formule di calcolo di  $T_{ott}$  in funzione della destinazione d'uso (tratto da UNI 11532-2).**

## 1.2. STI (Speech Transmission Index)

Calcolare per ogni ambiente principale (Tabella D.5.5.a - Categoria degli edifici) lo STI secondo quanto riportato nell'Appendice A della UNI 11532-1 (2018).

- 1.2.1. Calcolare il valore medio dello STI riferito all'intero edificio come media pesata dei valori calcolati dello STI per i singoli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$(STI)_m = \frac{\sum (STI)_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}}$$

dove:

$(STI)_i$  = STI dell'ambiente i-esimo [s];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo [m<sup>2</sup>]

- 1.2.2. Calcolare il valore medio dello STI riferito all'edificio limite ( $(STI)_{m,lim}$ ) come media pesata dei valori ottimali degli STI riportati in tabella D.5.5.c (in funzione delle destinazioni d'uso) per i singoli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$STI_{m,lim} = \frac{\sum STI_{lim,i} \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}}$$

dove:

$STI_{lim,i}$  = STI limite in relazione alla destinazione d'uso dell'ambiente i-esimo [s];

$S_i$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo [ $m^2$ ]

Descrittore acustico	Volume dell'ambiente	
	< 250 m3	≥ 250 m3
STI - Senza impianto di amplificazione o con impianto spento	≥ 0,55 con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 60 dBA.	≥ 0,50 con segnale di emissione ad 1 m in asse alla sorgente pari a 70 dBA.
STI - Con impianto di amplificazione	≥ 0,60 con segnale di emissione come in normali condizioni d'uso dell'impianto di amplificazione	

**Tabella D.5.5.e - Valore ottimale del descrittore STI<sup>8</sup>**

### 1.3. A/V

Per gli ambienti appartenenti alle categorie 3 e 4, il valore ottimale del tempo di riverberazione è in funzione dell'area di assorbimento (A) e delle caratteristiche geometriche dell'ambiente (V e h).

La verifica del rapporto A/V deve essere svolta almeno per le bande di ottava da 250 Hz a 2000 Hz.

Al fine di contenere il numero complessivo di ambienti da sottoporre a verifica, è possibile individuare tipologie seriali all'interno dell'edificio, ovvero ambienti principali uguali per dimensioni del locale e per caratteristiche di assorbimento acustico delle superfici interne.

L'area totale di assorbimento equivalente  $A_f$  può essere calcolata con la formula seguente:

$$A_f = \sum S_i \cdot \alpha_f = [m^2]$$

dove:

$S_i$  = area dell'elemento o superficie i-esima [ $m^2$ ]

$\alpha_f$  = coefficiente di assorbimento acustico alla frequenza f in banda di ottava della superficie i-esima [-].

Nel calcolare l'area totale di assorbimento equivalente  $A_f$  di ogni ambiente principale, in riferimento a quanto indicato dal quadro legislativo per gli edifici scolastici<sup>9</sup>, deve essere considerata la presenza di arredi e l'assenza di persone occupanti.

Così come per il calcolo del  $T_{riv}$ , si farà riferimento, per i valori di coefficiente di assorbimen-

<sup>8</sup> Requisiti tratti da UNI 11367 (prospetto 1; prospetto 2; prospetto A.1; prospetto B.1). La prestazione di base dei descrittori acustici è definita in relazione ai valori limite imposti dal DPCM 5/12/97.

<sup>9</sup> Circ. Min. LLPP n. 3151, 22 maggio 1967 "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici"; D.M. 18/12/1975 "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica".

to acustico in bande di ottava per alcuni materiali edilizi, alla Tabella D.5.5.b e di area totale di assorbimento equivalente per alcuni elementi di arredo (Tabella D.5.5.c). Per interventi di correzione acustica degli ambienti mediante impiego di materiali ed elementi fonoassorbenti specifici (p.e. pannelli fibrosi o porosi, risuonatori acustici, lastre vibranti) si rimanda alla lettura delle schede tecniche di prodotti in commercio e ai test di acustica architettonica.

- 1.3.1. Calcolare per ogni ambiente principale il rapporto A/V come media aritmetica in banda di ottava definito al punto 1.3.:

$$\left(\frac{A}{V}\right)_i = \frac{\left(\frac{A}{V}\right)_{250\text{Hz}} + \left(\frac{A}{V}\right)_{500\text{Hz}} + \left(\frac{A}{V}\right)_{1000\text{Hz}} + \left(\frac{A}{V}\right)_{2000\text{Hz}}}{4}$$

- 1.3.2. Calcolare il valore medio del rapporto A/V riferito all'intero edificio come media pesata dei valori calcolati  $(A/V)_i$  per i singoli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$\left(\frac{A}{V}\right)_m = \frac{\sum \left(\frac{A}{V}\right)_i \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}}$$

dove:

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo [m<sup>2</sup>]

- 1.3.3. Calcolare il valore medio del rapporto A/V riferito all'edificio limite  $((A/V)_{m,lim})$  come media pesata dei valori limite del tempo di riverberazione riportati in **tabella D.5.5.c** (in funzione delle destinazioni d'uso) per i singoli ambienti principali sulle relative superfici utili:

$$\left(\frac{A}{V}\right)_{m,lim} = \frac{\sum \left(\frac{A}{V}\right)_{m,lim} \cdot S_{u,i}}{\sum S_{u,i}}$$

dove:

$(A/V)_{lim,i}$  = tempo di riverberazione limite in relazione alla destinazione d'uso dell'ambiente i-esimo [s];

$S_{u,i}$  = superficie utile dell'ambiente i-esimo [m<sup>2</sup>]

Il rapporto A/V sarà calcolato utilizzando le formule riportate nella Tabella D.5.5.f.

Categoria	Per altezza dell'ambiente $h \leq 2,5$ m Rapporto A/V, in m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Per altezza dell'ambiente $h > 2,5$ m Rapporto A/V, in m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq [3,13 + 4,69 \cdot \log(h/1\text{m})]^{-1}$
4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq [2,13 + 4,69 \cdot \log(h/1\text{m})]^{-1}$

Tabella D.5.5.f - Formule di calcolo categorie 3 e 4

dove:

$h$  = altezza dell'ambiente [m]

2. Calcolare:

- a. l'indicatore di prestazione  $C_1$  come rapporto percentuale tra il tempo di riverberazione medio dell'edificio da valutare e il tempo di riverberazione medio dell'edificio limite:

$$\text{Indicatore } C_1 = \frac{T_m}{T_{m,ott}} \cdot 100 \quad [\%]$$

- b. l'indicatore di prestazione  $C_2$  come rapporto percentuale tra lo STI medio dell'edificio limite e lo STI medio dell'edificio da valutare:

$$\text{Indicatore } C_2 = \frac{STI_{m,lim}}{STI_m} \cdot 100 \quad [\%]$$

- c. l'indicatore di prestazione  $C_3$  come rapporto percentuale tra il rapporto A/V medio dell'edificio limite e il rapporto A/V medio dell'edificio da valutare:

$$\text{Indicatore } C_3 = \frac{\left(\frac{A}{V}\right)_{m,lim}}{\left(\frac{A}{V}\right)_m} \cdot 100 \quad [\%]$$

- d. determinare il valore medio degli indicatori  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$ :

$$C = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{3}$$

3. Confrontare il valore calcolato con il benchmark della scala prestazionale e attribuire il punteggio al criterio per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

**Normativa di riferimento**

- UNI 11532-1 - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 1: Requisiti generali
- UNI EN 12354-6 - Acustica in edilizia - Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi
- UNI 8199 Acustica in edilizia - Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti
- UNI EN 15251 - 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
- UNI EN ISO 3382-2 + EC 1 - Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari
- CEI EN 60268-16 - Apparecchiature per sistemi elettroacustici - Parte 16: Metodi di valutazione dell'intelligibilità del parlato per mezzo dell'indice di trasmissione del parlato
- UNI 11532-2:2020 Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 2: Settore scolastico

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D.5.6</b>
<b>CATEGORIA: Benessere acustico</b>		
<b>CRITERIO: Qualità acustica dell'edificio</b>		

<b>AREA DI VALUTAZIONE</b>	<b>CATEGORIA</b>	
D. Qualità ambientale indoor	D5 Benessere acustico	
<b>ESIGENZA</b>	<b>PESO DEL CRITERIO</b>	
Garantire una protezione adeguata dai rumori esterni e interni all'edificio	nella categoria	nel sistema completo
<b>INDICATORE DI PRESTAZIONE</b>	<b>UNITÀ DI MISURA</b>	
Percentuale di elementi tecnici che raggiungono la prestazione superiore di isolamento acustico	%	
<b>SCALA DI PRESTAZIONE</b>		
	<b>%</b>	<b>PUNTI</b>
NEGATIVO	-	-1
SUFFICIENTE	0	0
BUONO	30	3
OTTIMO	50	5

### Metodo e strumenti di verifica

#### Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

In riferimento alla Legge 26 ottobre 1995, n.447 “Legge quadro sull'inquinamento acustico” e s.m.i. e alla Legge Regionale 20 ottobre 2000, n.52 “Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento acustico” (B.U. 25 ottobre 2000, n.43, Regione Piemonte), il progetto acustico pubblico o privato deve essere finalizzato al rispetto in opera di tutti i requisiti acustici passivi definiti dal DPCM del 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”.

Secondo il DPCM 5/12/1997 per l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, il requisito da ottemperare è  $D_{2m,nT,w} \geq 48$  dB per gli edifici scolastici,  $D_{2m,nT,w} \geq 42$  dB per uffici e per attività ricreative. Tali valori limite vengono considerati come prerequisiti nell'applicazione del presente protocollo, dai singoli elementi tecnici di facciata dell'edificio si assegna il punteggio negativo -1 al presente criterio.

Il criterio di applica limitatamente alle nuove costruzioni, si riportano in seguito le destinazioni d'uso da considerare come “ambiente principale” in reazione alla categoria di edificio:

- **edifici per uffici:** per “ambienti principali” si intendono uffici singoli, uffici open space, locali riunione e altri ambienti destinati alla permanenza di persone. Sono esclusi dalla verifica ambienti non destinati alla permanenza di persone quali zone di circolazione (p.e. corridoi, scale, ingressi) o con destinazione d'uso specifica (p.e. mensa, bagni/servizi, depositi);
- **edifici scolastici:** per “ambienti principali” si intendono aule scolastiche e laboratori didattici, biblioteche e sale lettura, uffici a servizio dell'istituto scolastico (p.e. sala docenti, presidenza, uffici amministrativi). Sono esclusi dalla verifica ambienti non destinati alla permanenza di persone quali zone di circolazione (p.e. corridoi, scale, ingressi) o con destinazione d'uso specifica (p.e. aula magna, mensa e refettori, palestre e piscine, bagni/servizi, depositi);
- **edifici per attività ricreative (biblioteche):** applicare il criterio considerando per “ambienti principali” sale lettura, aule didattiche, uffici a servizio della biblioteca (p.e. uffici amministrativi). Sono esclusi dalla verifica ambienti non destinati alla permanenza di persone quali zone di circolazione (p.e. corridoi, scale, ingressi) o con destinazione d'uso specifica (p.e. sala conferenze, bagni/servizi, archivi, depositi).

1. Per ogni ambiente principale calcolare i seguenti descrittori acustici applicando i modelli di calcolo previsionale definiti dalla serie di norme UNI EN 12354:2017, in particolare:

- indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato  $D_{2m,nT,w}$  di elementi di chiusura verticale degli ambienti principali (UNI EN 12354-3:2017);
- indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato  $D_{nT,w}$  di partizioni verticali/orizzontali tra ambienti principali o verso ambienti accessori (UNI EN 12354-1:2017);
- indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato  $L'_{n,w}$  di partizioni orizzontali tra ambienti principali di differenti unità immobiliari (UNI EN 12354-2:2017).

Per la valutazione previsionale delle prestazioni acustiche dell'edificio, si riportano in modo sintetico le formule per il calcolo dei descrittori acustici sopra citati; si rimanda alla lettura delle norme UNI EN 12354:2017 per la definizione completa dei metodi previsionali di calcolo e della incertezza di calcolo sui risultati ottenuti.

La UNI 12354:2017 introduce due categorie elementi di "Tipo A" ed elementi di "Tipo B", non presenti nelle precedenti versioni.

Gli elementi di "Tipo A" sono partizioni con un tempo di riverberazione strutturale che è principalmente determinato dagli elementi a loro connessi (fino ad almeno la banda di terzo di ottava da 1000 Hz), e con un decremento nel livello di vibrazione, attraverso l'elemento nella direzione perpendicolare alla linea del giunto, minore di 6 dB (fi no ad almeno la banda di terzo di ottava da 1000 Hz). Tra questi elementi vi sono: partizioni in cemento armato gettato in opera, pareti in legno pieno (ad es. CLT, Cross Laminated Timber), elementi in vetro, plastica, metallo, mattoni intonacati.

Gli elementi di "Tipo B" invece sono tutto ciò che non è di "Tipo A". La norma indica che possono essere considerati in questa categoria le pareti a secco, costituite ad esempio da lastre in cartongesso o gessofibra su struttura metallica o in legno. Nelle definizioni viene anche specificato che un elemento può essere considerato di Tipo A solo per una certa parte del range di frequenze e di Tipo B per la parte restante. Ad esempio alcune pareti in muratura sono di Tipo A nelle frequenze basse e medie e di Tipo B nelle frequenze più elevate.

Le ISO 12354:2017 differenziano i modelli di calcolo in base al tipo di elementi considerati.

Per gli edifici costruiti con elementi di "Tipo A" si mantengono in sostanza le relazioni matematiche proposte nelle versioni precedenti della norma. Per il "Tipo B" invece le trasmissioni laterali ( $R_{ij,w}$ ) vengono calcolate a partire dal corrispondente indice di isolamento acustico normalizzato  $D_{n,f,ij,w}$ .

Al fine di contenere il numero complessivo di ambienti da sottoporre a verifica, è possibile individuare tipologie seriali di elementi tecnici che costituiscono l'edificio (facciate, partizioni interne verticali e orizzontali), ovvero un insieme di elementi tecnici considerabile omogeneo qualora gli elementi presentino uguali dimensioni, stratigrafia, materiali e massa superficiale nonché le condizioni di vincolo e le dimensioni degli ambienti che delimitano, si rimanda alla lettura della norma UNI 11367 per la definizione completa dei criteri di campionamento di elementi tecnici nominalmente identici.

Nei paragrafi successivi si descrive brevemente la metodologia per il calcolo degli indici.

- Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata

Per ciascuno elemento di chiusura verticale di un ambiente principale, calcolare l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata applicando la formula seguente (UNI EN 12354-3:2017):

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + \left[ 10 \log \left( C_{sab} \frac{V}{T_0 S} \right) \right] \text{ dB} \quad (1)$$

dove:

- $R'$  = indice di valutazione del potere fonoisolamento apparente di facciata, [dB];
- $\Delta L_{fs}$  = differenza di livello per forma della facciata, [dB];
- $V$  = volume dell'ambiente ricevente, [m<sup>3</sup>];
- $T_0$  = tempo di riverberazione di riferimento pari a 0.5, [s];
- $S$  = area totale della superficie interna della facciata, [m<sup>2</sup>].

La norma evidenzia la possibilità di considerare, nella valutazione del potere fonoisolante medio della partizione, anche i materiali di riempimento inseriti nei giunti tra serramento e parete opaca.

- Indice di valutazione dell'isolamento acustico di partizioni verticali/orizzontali

Per ciascuna partizione interna verticale e/o orizzontale tra ambienti principali adiacenti e/o sovrapposti, calcolare l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato  $D_{nT,w}$  applicando la formula seguente (UNI EN 12354-1:2017):

$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \log \frac{0.32 * V}{S} \text{ [dB]} \quad (2)$$

dove:

- $R'_w$  = indice di valutazione del potere fonoisolamento apparente della partizione, [dB];
- $V$  = volume dell'ambiente ricevente, [m<sup>3</sup>];
- $S$  = area della partizione interna, [m<sup>2</sup>].

Per il confronto con i livelli di prestazione di isolamento (v. punto 2), l'indice  $D_{nT,w}$  viene distinto secondo i seguenti descrittori in relazione al tipo di partizione interna:

- $D_{nT,w,vert}$  indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di una partizione verticale tra due ambienti principali adiacenti;
- $D_{nT,w,oriz}$  indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di una partizione orizzontale tra due ambienti principali sovrapposti;
- $D_{nT,w,acc}$  indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di una partizione verticale tra un ambiente principale e un ambiente accessorio o di servizio (corridoio, atrio, vano scala, ecc.) ad esso collegato mediante aperture o accessi.

- Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio di partizioni orizzontali

Per ciascuna partizione orizzontale tra ambienti principali sovrapposti, calcolare l'indice di valutazione del livello di pressione sonora normalizzato  $L'_{n,w}$  applicando quanto previsto dalla norma UNI EN 12354-2:2017. Le relazioni matematiche richiamano in gran parte il "modello in frequenza" e permettono di valutare, oltre al calpestio su ambienti sovrapposti, anche il livello di disturbo tra stanze affiancate.

In sintesi il metodo richiede di analizzare, come per  $R'_w$ , tutti i possibili percorsi di rumore e di combinarli tra loro.

Per ambienti sovrapposti occorre determinare il livello di calpestio attraverso il percorso diretto e i 4 percorsi laterali. Il percorso diretto ( $L_{n,d,w}$ ) dipende dal livello di calpestio del solaio portante ( $L_{n,eq,0,w}$ ) e dalla riduzione di rumore da calpestio data da un rivestimento sul lato emittente ( $\Delta L_w$ ) o da un controsoffitto sul lato ricevente ( $\Delta L_{d,w}$ ). I percorsi laterali ( $L_{n,ij,w}$ ) vengono valutati con specifiche relazioni matematiche che, anche in questo caso, vengono differenziate per elementi di "Tipo A" ed elementi di "Tipo B".

Si riporta il modello semplificato.

L'applicazione di tale modello è limitata a un intervallo di frequenze da 10 Hz a 3150 Hz e prevede che l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio sia normalizzato rispetto all'assorbimento acustico sulla base degli indici di valutazione degli elementi considerati. La trasmissione laterale è calcolata per gli stessi percorsi del modello dettagliato ma con indice unico.

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per il percorso diretto è riportato nella seguente formula:

$$L_{n,d,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w} \text{ dB} \quad (3)$$

dove:

$L_{n,d,w}$  è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per il percorso diretto;

$L_{n,eq,0,w}$  è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico equivalente per il solo pavimento;

$\Delta L_w$  è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di un rivestimento di pavimentazione;

$\Delta L_{d,w}$  è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di uno strato ulteriore sul lato ricevente dell'elemento divisorio; questa grandezza è raramente disponibile e spesso approssimata dall'incremento del potere fonoisolante  $\Delta R_{d,w}$ .

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale  $ij$  è indicato dalla formula seguente:

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - \left( 10 \log \frac{S_i}{l_0 l_{ij}} \right) \text{ dB} \quad (4)$$

dove:

$L_{n,ij,w}$  è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale generato sul pavimento (i) e irradiato dall'elemento (j);

$L_{n,eq,0,w}$  è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico equivalente del solo pavimento;

$\Delta L_w$  è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di un rivestimento di pavimentazione;

$R_{i,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento (i);

$R_{j,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento (j);

$K_{ij}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso  $ij$ ;

$\Delta R_{j,w}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante di uno strato ulteriore sul lato ricevente dell'elemento laterale (i).

- Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali/orizzontali tra ambienti di differenti unità immobiliari

La norma 12354 definisce un modello di calcolo “in frequenza” e un modello semplificato per “indice di valutazione”. Il primo permette di ricavare i valori “in frequenza” del potere fonoisolante apparente dalla partizione ( $R'$ ), inserendo nel motore di calcolo i dati “in frequenza” ( $R$ ) degli elementi che compongono gli ambienti. Il secondo invece determina direttamente l'indice di potere fonoisolante apparente ( $R'_w$ ) partendo dagli indici di potere fonoisolante ( $R_w$ ) delle partizioni.

Di seguito approfondiremo il modello semplificato.

La procedura di calcolo, in estrema sintesi, spiega come determinare i percorsi di rumore da ambiente emittente ad ambiente ricevente e come combinarli tra loro. I percorsi attraverso le strutture edili in genere sono 13, di cui un percorso diretto ( $R_{Dd,w}$ ) e 12 percorsi laterali ( $R_{ij,w}$ ).

Per ciascuna partizione interna verticale e/o orizzontale tra ambienti principali adiacenti e/o sovrapposti appartenenti a differenti unità immobiliari, l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente  $R'_w$  si calcola applicando la seguente formula:

$$R'_w = - \left[ 10 \log \left( 10^{\frac{-R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{Ft,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{\frac{-R_{Fd,w}}{10}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{j=1}^m 10^{\frac{-D_{n,j,w}}{10}} \right) \right] \quad (5)$$

dove:

$R_{Dd,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta per via aerea in decibel;

$R_{Ft,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante per trasmissione laterale per il percorso di trasmissione Ff, in decibel;

$R_{Df,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante per trasmissione laterale per il percorso di trasmissione Df, in decibel;

$R_{Fd,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante per trasmissione laterale per il percorso di trasmissione Fd, in decibel;

$D_{n,j,w}$  è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato equivalente per la trasmissione attraverso un piccolo elemento tecnico j ( $D_{n,e}$ ) o un sistema di trasmissione per via aerea j ( $D_{n,s}$ ), in decibel;

n è il numero di elementi laterali di un ambiente, di solito  $n = 4$ , ma può essere minore o maggiore, a seconda del progetto e della costruzione della situazione presa in considerazione;

m è il numero j di elementi di trasmissione per via aerea;

$S_s$  è l'area dell'elemento di separazione, in metri quadri;

$A_0$  è l'area di assorbimento di riferimento, in metri quadri,  $A_0 = 10 \text{ m}^2$ .

Per ogni percorso di trasmissione, l'indice di valutazione del potere fonoisolante è previsto in base ai dati di ingresso relativi agli elementi ed ai giunti.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta per via aerea è determinato dal valore di ingresso per l'elemento di separazione secondo la formula seguente:

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} \text{ dB} \quad (6)$$

dove:

$R_{s,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento di separazione, in decibel;

$\Delta R_{Dd,w}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti ulteriori sul lato emittente e/o ricevente dell'elemento di separazione, in decibel.

Tali rivestimenti possono essere contropareti a secco o massetti galleggianti.

La procedura di calcolo prevede di calcolare prima la frequenza di risonanza del sistema ( $f_0$ ) e poi ricavare, da una tabella, il valore di  $\Delta R_w$ .

- Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato di partizioni orizzontali tra ambienti di differenti unità immobiliari

Per ciascuna partizione orizzontale tra ambienti principali sovrapposti di differenti unità immobiliari, calcolare l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato  $L'_{n,w,du}$  applicando la formula (3):

$$L_{n,d,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w} \text{ dB} \quad (3)$$

2. Determinare per ciascuna partizione interna verticale/orizzontale, oggetto di calcolo di uno o più descrittori acustici (v. punto 1), il livello di prestazione di isolamento acustico (di base, superiore) secondo i valori riportati nella Tabella seguente:

Descrittore acustico	Edifici per uffici e biblioteche		Edifici scolastici	
	Prestazione di base [dB]	Prestazione superiore [dB]	Prestazione di base [dB]	Prestazione superiore [dB]
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di una partizione verticale tra due ambienti principali adiacenti. $D_{nT,w,vert}$	$\geq 50$	$\geq 56$	$\geq 45$	$\geq 50$
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di una partizione orizzontali tra due ambienti principali sovrapposti, $D_{nT,w,oriz}$	$\geq 50$	$\geq 56$	$\geq 50$	$\geq 55$
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di una	$\geq 32$	$\geq 40$	$\geq 27$	$\geq 34$

partizione verticale tra ambienti principali e ambienti accessori, $D_{nT,w,acc}$				
Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato di partizioni orizzontali tra ambienti sovrapposti, $L'_{n,w}$	$\leq 63$	$\leq 53$	$\leq 63$	$\leq 53$
Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali/orizzontali tra ambienti di differenti unità immobiliari, $R'_w$	$\geq 50$	$\geq 56$	$\geq 50$	$\geq 56$
Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio di partizioni orizzontali tra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{n,w,du}$	$\leq 55$	$\leq 53$	$\leq 58$	$\leq 53$

**Tabella – Livelli di prestazione di isolamento acustico per descrittori acustici e destinazioni d'uso differenti<sup>10</sup>**

3. Determinare il numero complessivo  $n_{r,D}$  di descrittori acustici oggetto di verifica in corrispondenza delle partizioni interne verticali/orizzontali dell'intero edificio.
4. Determinare il numero  $n_{r,D,sup}$  di descrittori acustici per cui si è raggiunta la prestazione superiore di isolamento acustico secondo quanto indicato in Tabella.
5. Calcolare l'indicatore di prestazione come rapporto percentuale tra il numero  $n_{r,D,sup}$  di descrittori acustici per cui si è raggiunta la prestazione superiore di isolamento acustico (B) e il numero complessivo  $n_{r,D}$  di oggetto di calcolo previsionale (A):

<sup>10</sup> Requisiti tratti da UNI 11367 (prospetto 1; prospetto 2; prospetto A.1; prospetto B.1). La prestazione di base dei descrittori acustici è definita in relazione ai valori limite imposti dal DPCM 5/12/97

$$indicatore = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{n_{r,D,sup}}{n_{r,D}} \cdot 100 = [\%]$$

6. Confrontare il valore calcolato con il benchmark della scala prestazionale e attribuire il punteggio al criterio per interpolazione lineare rispetto ai valori della scala di prestazione.

Nel caso in cui un singolo elemento tecnico non dovesse raggiungere la prestazione di base tra i descrittori acustici individuati (v. Tabella) occorre assegnare un punteggio negativo -1 al criterio presente. Si ricorda che la prestazione da garantire per l'indice di valutazione di isolamento acustico normalizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  è indicata nei prerequisiti del presente criterio.

### Normative di riferimento

- UNI EN 12354-1:2017 Acustica in edilizia - Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti
- UNI EN 12354-2:2017 Acustica in edilizia - Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento acustico al calpestio tra ambienti
- UNI EN 12354-3:2017 Acustica in edilizia - Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea
- UNI 11367:2010 Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera.
- DPCM 5 dicembre 1997 Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.
- UNI 11175-1:2021 Acustica edilizia – Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Parte 1: Applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale
- UNI 11175-1:2021 Acustica edilizia – Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Parte 2: Dati di ingresso per il modello di calcolo

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>		NUOVA COSTRUZIONE	<b>D6.1</b>
		RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Inquinamento elettromagnetico</b>			
<b>CRITERIO: Campi magnetici a frequenza industriale (50 Hz)</b>			
Edifici per uffici	Edifici scolastici	Edifici per attività ricreative (biblioteche)	Edifici per attività sportive (palestre/piscine)

AREA DI VALUTAZIONE		CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor		D.6 Inquinamento elettromagnetico	
ESIGENZA		PESO DEL CRITERIO	
Minimizzare il livello dei campi magnetici a frequenza industriale negli ambienti interni, al fine di ridurre il più possibile l'esposizione degli individui		nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE		UNITÀ DI MISURA	
Presenza di sorgenti in prossimità degli ambienti e/o presenza di strategie per la riduzione dell'esposizione al campo magnetico		-	
SCALA DI PRESTAZIONE			
		PUNTI	
NEGATIVO	Presenza di sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale entro una distanza di 2 m dagli ambienti principali, senza applicazione di strategie per la riduzione dell'esposizione	-1	
SUFFICIENTE	Presenza di sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale entro una distanza di 2 m dagli ambienti principali, ma con messa in atto di strategie per la riduzione dell'esposizione	0	
BUONO	Nessuna sorgente di campo magnetico a frequenza industriale entro una distanza di 2 m dagli ambienti principali.	3	
OTTIMO	Nessuna sorgente di campo magnetico a frequenza industriale entro una distanza di 5 m dagli ambienti principali.	5	

### Metodo e strumenti di verifica

#### Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

Il criterio si applica alle nuove costruzioni e alle ristrutturazioni.

Per quanto concerne l'esposizione al campo magnetico a 50Hz, sono da considerare "ambienti principali" tutti gli ambienti la cui destinazione d'uso prevede la permanenza prolungata di persone. Per un elenco di tali destinazioni d'uso, è possibile fare riferimento all'Allegato LG1 al DM 07/12/2016 (GU Serie Generale n.19 del 24-1-2017).

Sono inoltre da considerare "ambienti principali" anche quelle pertinenze esterne per le quali è prevedibile la permanenza prolungata di persone (cfr. allegato LG2 al DM 07/12/2016).

#### Applicazione del criterio:

Verificare la presenza e l'ubicazione di sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale all'interno dell'edificio.

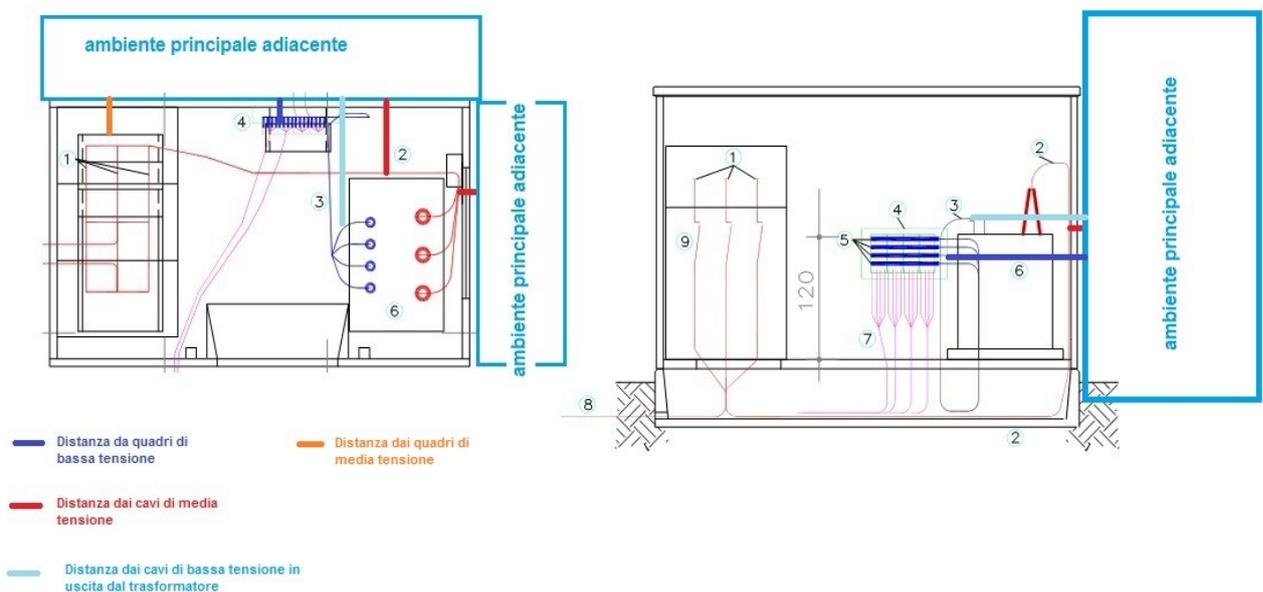
Le principali sorgenti di campo magnetico da considerare sono:

- cabine di trasformazione;
- linee interrato a media e alta tensione;

- quadri elettrici di edificio e di zona;
- parti costituenti gli impianti elettrici dell'edificio in progetto, solo qualora siano previste correnti di fase superiori a 20 A.

Per alcune di queste sorgenti (cabine di trasformazione AT/MT o MT/bt e linee a media o alta tensione) i criteri forniti sono da integrare al rispetto della normativa sulle fasce di rispetto degli elettrodotti (DPCM 08/07/2003 e DPCM 29/05/2008).

La distanza tra sorgenti e ambienti principali va valutata come distanza tra l'elemento che costituisce la sorgente di campo magnetico (cavo, quadro, ecc.) e qualsiasi area accessibile dell'ambiente stesso. L'esempio nello schema seguente evidenzia la misura delle distanze dalle diverse sorgenti di campo magnetico presenti all'interno di una cabina di trasformazione. Qualora non si disponga della pianta con la dislocazione delle sorgenti all'interno della cabina, le distanze vanno valutate dalla parete della cabina stessa.



Le strategie per la riduzione dell'esposizione più efficaci sono quelle che agiscono sulla sorgente, quali ad esempio:

- per le linee trifase MT e bt, uso del cavo cordato a elica;
- per i cavi di bassa tensione in uscita da trasformatori, l'applicazione di fascettatura per avvicinare al massimo le tre fasi;
- in caso di presenza di più sistemi trifase, opportuna disposizione geometrica delle fasi stesse per la minimizzazione delle emissioni;
- la disposizione delle sorgenti che garantisce la massima distanza possibile dalle aree accessibili (ad esempio con l'uso di distanziatori per allontanare i quadri dalla parete che confina con gli ambienti accessibili);
- schermature appropriate intorno alla sorgente.

Più complessa, e talvolta meno efficace, la progettazione di schermature dell'ambiente principale, che può essere comunque soluzione adeguata in caso di sorgenti con emissioni particolarmente significative.

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D7.1</b>
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Rischi biologici</b>		
<b>CRITERIO: Rischio legionellosi impianti idrosanitari</b>		

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D7.1 Contaminazione da legionella	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Ridurre la probabilità di contaminazione da legionella dell' <b>impianti tecnologici</b> che comportano un riscaldamento dell'acqua e/o la sua nebulizzazione quali, in primis, gli impianti idro-sanitari, gli impianti che distribuiscono ed erogano acque termali, le piscine e le vasche idromassaggio.	nella categoria	nel sistema complessivo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITÀ DI MISURA	
Misure prese per minimizzare la possibilità di proliferazione delle legionelle negli impianti tecnologici.	Qualitativo	
SCALA DI PRESTAZIONE		
	Unità di misura	PUNTI
<b>INSUFFICIENTE:</b> Mancato rispetto di quanto previsto nei punti successivi.	-	N.A.
<b>SUFFICIENTE:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici per la fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015.	-	0
<b>BUONO:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015. Documentazione che evidenzia l'adozione di un efficace programma di gestione degli impianti, capace di contenere la proliferazione e diffusione di legionella e prevenire sia la formazione di biofilm che la corrosione e le incrostazioni, tenendo in considerazione i materiali utilizzati.	-	3
<b>OTTIMO:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015. Documentazione che evidenzia l'adozione di un efficace programma di gestione degli impianti, capace di contenere la proliferazione e diffusione di legionella e prevenire sia la formazione di biofilm che la corrosione e le incrostazioni, tenendo in considerazione i materiali utilizzati. Documentazione che evidenzia l'individuazione ed allestimento dei punti di ispezione e di campionamento idonei riferiti a ciascun elemento costituente l'impianto tecnologico e piano di controllo annuale attraverso analisi chimiche e microbiologiche.	-	5

**Metodo e strumenti di verifica**

Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

I criteri a cui si fa riferimento in questa sezione sono quelli riportati nelle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi (Edizione 2015), applicabili a tutti gli ambienti lavorativi dove sia presente la nebulizzazione dell’acqua (acqua calda e fredda sanitaria, locali doccia, vasche idromassaggio, apparati di umidificazione dell’aria, acque termali, attrezzature generanti aerosol o goccioline o nebbie, presenza di fontane decorative, sistemi idrici di emergenza, docce di decontaminazione, postazioni lavaggio occhi, sistemi antincendio sprinkler, sistemi di raffrescamento estivo a pioggia, ecc).

La prevenzione delle infezioni da Legionella si basa essenzialmente:

- sulla corretta progettazione e realizzazione degli impianti tecnologici che comportano un riscaldamento dell’acqua e/o la sua nebulizzazione (impianti a rischio);
- sull’adozione di misure preventive (manutenzione e, all’occorrenza, disinfezione) atte a contrastare la moltiplicazione e la diffusione di Legionella negli impianti a rischio.

I criteri si applicano a nuovi edifici e ristrutturazioni totali.

<p><b>SUFFICIENTE:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015.</p>	-	0
---	---	---

Il criterio SUFFICIENTE è applicabile quando sono soddisfatti seguenti requisiti:

La progettazione presuppone un’attenta Valutazione del rischio Legionellosi.

La valutazione del rischio è l’indagine che individua le specificità dell’edificio e degli impianti in essa esercitati, per le quali si possono realizzare condizioni che collegano la presenza effettiva o potenziale di Legionella negli impianti alla possibilità di contrarre l’infezione.

Le informazioni relative alla Valutazione del rischio ed al relativo Piano di Controllo dovranno informare tutte le persone che sono coinvolte nel controllo e nella prevenzione della legionellosi nell’edificio.

Per quanto tali misure non garantiscano che un sistema o un suo componente siano privi di Legionella, esse contribuiscono a diminuire la probabilità di una contaminazione batterica grave.

Fermo restando il rispetto delle regole previste da norme e leggi esistenti (norme UNI, ecc.) per la costruzione e la manutenzione delle varie tipologie di impianti, il progetto deve prevedere le seguenti principali indicazioni per un ottimale controllo della contaminazione da Legionella.

Negli edifici di nuova edificazione e in quelli soggetti a ristrutturazione totale, le reti dell’acqua fredda e della acqua calda sanitaria devono essere adeguatamente distanziate tra loro e da altre fonti di calore oltre che adeguatamente isolate termicamente (Approved Code of Practice and guidance (ACoP), 2000).

Le reti, inoltre, devono essere il più possibile lineari, evitando tubazioni con tratti terminali ciechi e senza circolazione dell’acqua.

Nella rete dell’acqua fredda il rischio di colonizzazione e crescita di Legionella è trascurabile se la temperatura dell’acqua non supera i 20°C.

I serbatoi di accumulo, quando installati, devono essere facilmente ispezionabili al loro interno e disporre, alla base, di un rubinetto tramite il quale effettuare le operazioni di spurgo del sedimento.

Un secondo rubinetto, necessario per prelevare campioni di acqua da sottoporre ad indagini analitiche, posto ad un’altezza non inferiore a 1/3 del serbatoio, deve essere installato sul serbatoio se quello di cui al punto precedente non dovesse risultare adatto allo scopo.

Tutti i nuovi impianti d'acqua calda sanitaria, che prevedono l'utilizzo di boiler/serbatoi centralizzati, devono essere dotati di tali rubinetti.

La tipologia dei materiali (Rogers et al., 1994), utilizzati per la realizzazione dell'impianto, deve garantire la possibilità di eseguire adeguati trattamenti di disinfezione.

Copie dello schema dettagliato della rete idrica devono accompagnare la presentazione del progetto edilizio e restare a disposizione del proprietario/gestore/amministratore della struttura per la gestione degli interventi di manutenzione ordinaria e per eventuali richieste dei soggetti titolati ad eseguire controlli. Ogni modifica delle reti deve comportare l'aggiornamento delle suddette planimetrie.

Negli impianti d'acqua calda sanitaria centralizzati il rischio di colonizzazione e crescita di Legionella può essere minimizzato mantenendo costantemente la temperatura di distribuzione dell'acqua al di sopra di 50°C.

Pertanto oltre a quanto sopra riportato, nelle strutture con impianto centralizzato, si raccomanda la realizzazione della rete di ricircolo dell'acqua calda correttamente dimensionata, tenuto conto della specifica del mantenimento dei 50°C.

Per evitare salti termici lungo la distribuzione idrica e raffreddamenti eccessivi dell'acqua, la rete di ricircolo deve essere pertanto adeguatamente bilanciata.

Negli impianti con rete di ricircolo la temperatura dell'acqua calda sanitaria:

- deve essere mantenuta a  $T \geq 60^\circ\text{C}$  nei serbatoi di accumulo,
- non deve scendere sotto i 50°C alla base di ciascuna colonna di ricircolo.

Ove si evidenziasse il rischio di ustioni dovranno essere prese adeguate precauzioni per minimizzare tale rischio, ad esempio mediante l'installazione di opportune tutele quali le valvole termostatiche di miscelazione (TMV) in prossimità o sui terminali di erogazione.

Tuttavia, se vengono installate TMV, queste dovrebbero essere poste quanto più vicine al punto d'uso. Idealmente una TMV non dovrebbe servire più di un rubinetto e la distanza tra rubinetto e TMV dovrebbe essere inferiore ai 2 metri. Dove una singola TMV serve molti rubinetti o docce, in attesa di una modifica dell'impianto che garantisca una TMV per ciascun punto distale, è necessario assicurare che esse vengano frequentemente flussate.

Si ribadisce che, qualora le temperature di sicurezza non possano essere rispettate a causa di problemi tecnici, occorre predisporre un sistema di disinfezione alternativo, al fine di compensare tale mancanza ed ovviare all'impossibilità di controllare il rischio proliferazione batterica con il ricorso a temperature al di fuori dell'intervallo di sviluppo delle Legionelle (20 - 50°C).

E' inoltre da tener presente l'importanza nella corretta progettazione delle reti idriche al fine di assicurare un corretto bilanciamento idrodinamico (flusso dell'acqua), una riduzione al minimo del volume accumulato e un'opportuna scelta dei materiali in relazione ai trattamenti di prevenzione e controllo della contaminazione microbiologica.

<p><b>BUONO:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015. Documentazione che evidenzia l'adozione di un efficace programma di gestione degli impianti, capace di contenere la proliferazione e diffusione di legionella e prevenire sia la formazione di biofilm che la corrosione e le incrostazioni, tenendo in considerazione i materiali utilizzati.</p>	-	3
--	---	---

Il criterio BUONO è applicabile quando sono soddisfatti seguenti requisiti:

#### MISURE DI CONTROLLO E DI GESTIONE

Il Programma di Gestione deve prevedere l'attuazione delle seguenti procedure e misure di

controllo periodiche per il contenimento del rischio legionellosi:

- a. la temperatura dell'acqua fredda non dovrebbe essere  $> 20^{\circ}\text{C}$ . Qualora l'acqua distribuita attraverso la rete idrica superi il suddetto valore si possono creare condizioni per la moltiplicazione di Legionella anche in tale rete; tale criticità e il possibile rimedio devono essere considerati nella valutazione del rischio, applicando adeguate misure di disinfezione;
- b. ispezionare periodicamente l'interno dei serbatoi dell'acqua fredda: nel caso ci siano depositi o sporcizia, provvedere alla pulizia, e comunque disinfettarli almeno una volta l'anno con 50 mg/L di cloro residuo libero per un'ora. La stessa operazione deve essere effettuata a fronte di lavori che possono aver dato luogo a contaminazioni o a un possibile ingresso di acqua non potabile. Nel caso in cui la disinfezione per iperclorazione non potesse essere applicata, tale mancanza deve essere compensata dall'implementazione di un'attività alternativa, il cui effetto sia valutato almeno altrettanto valido (ad es. disinfezione su base continua da applicarsi sulla tubazione di reintegro al serbatoio);
- c. svuotare e disinfettare (se necessario anche disincrostare) i bollitori/serbatoi di accumulo dell'acqua calda sanitaria (compresi i boiler elettrici) almeno due volte all'anno e ripristinarne il funzionamento dopo accurato lavaggio. Nel caso in cui tale sanificazione non potesse essere applicata, tale mancanza deve essere compensata dall'implementazione di un'attività alternativa, il cui effetto sia valutato almeno altrettanto valido;
- d. disinfettare l'impianto dell'acqua calda sanitaria con cloro a elevata concentrazione (cloro residuo libero pari a 50 mg/L per un'ora o 20 mg/L per due ore) o con altri metodi di comprovata efficacia, dopo interventi sugli scambiatori di calore. Nel caso in cui la disinfezione per iperclorazione non potesse essere applicata, tale mancanza deve essere compensata dall'implementazione di un'attività alternativa, il cui effetto sia valutato almeno altrettanto valido;
- e. ispezionare mensilmente i serbatoi dell'acqua sanitaria. Accertarsi che tutte le coperture siano intatte e correttamente posizionate;
- f. accertarsi che eventuali modifiche apportate all'impianto, oppure nuove installazioni, non creino rami morti o tubazioni con scarsità di flusso dell'acqua o flusso intermittente. Ogniqualvolta si proceda a operazioni di disinfezione, occorre accertarsi che siano oggetto del trattamento anche i rami stagnanti o a ridotto utilizzo, costituiti dalle tubazioni di spurgo o prelievo, le valvole di sovrappressione ed i bypass presenti sugli impianti;
- g. ove si riscontri un incremento significativo della crescita microbica che possa costituire un incremento del rischio legionellosi, utilizzare appropriati trattamenti disinfettanti;
- h. provvedere, se necessario, ad applicare un efficace programma di trattamento dell'acqua, capace di prevenire sia la formazione di biofilm, che potrebbe fungere da luogo ideale per la proliferazione di Legionella, sia la corrosione e le incrostazioni che, indirettamente, possono favorire lo sviluppo microbico;
- i. ove le caratteristiche dell'impianto lo permettano, l'acqua calda sanitaria deve avere una temperatura d'erogazione costantemente superiore ai  $50^{\circ}\text{C}$ . Per evitare il rischio di ustioni è necessario installare rubinetti dotati di valvola termostatica (TMV). Qualora il rischio ustioni non possa essere mitigato con rubinetti dotati di valvola termostatica e quindi la temperatura d'esercizio d'impianto ricada all'interno dell'intervallo di proliferazione della Legionella ( $< 50^{\circ}\text{C}$ ) compensare questo fattore di rischio con l'implementazione di un'attività avente efficacia analoga (es. disinfezione su base continua dell'impianto, incremento degli spurghi dei serbatoi e dei flussaggi delle erogazioni). Motivare tale implementazione nel documento di valutazione del rischio legionellosi;
- j. le TMV sono degli elementi a rischio e a volte a valle di esse non è possibile mantenerne il controllo della contaminazione per mezzo del calore o l'aggiunta di biocidi nel sistema dell'acqua calda e fredda. Alcune TMV hanno un meccanismo che rende possibile nella porzione terminale il flussaggio con acqua calda. Dove questo non è possibile dovrà essere li-

- mitata la contaminazione attraverso la pulizia, decalcificazione e disinfezione delle TMV e di ogni elemento associato ad esse (es. docce, rubinetti, ecc...);
- k. nelle strutture ricettive, prima che le camere siano rioccupate, è necessario fare scorrere l'acqua (sia calda che fredda sanitaria) da tutti gli erogatori ivi presenti, per almeno 5 minuti;
  - l. mantenere le docce, i diffusori delle docce e i rompigitto dei rubinetti puliti e privi di incrostazioni, sostituendoli all'occorrenza, preferendo quelli aperti (es. a stella o croce) rispetto a quelli a reticella e agli aeratori/riduttori di flusso;
  - m. in tutti gli edifici a funzionamento stagionale, prima della riapertura, procedere a una pulizia completa dei serbatoi e della rubinetteria e a una disinfezione dell'intera rete idrica, facendo anche defluire a lungo l'acqua da tutte le erogazioni da essa servite;
  - n. nelle strutture abitative condominiali con impianto idro-sanitario centralizzato, l'amministratore di condominio è tenuto ad informare e sensibilizzare i singoli condomini sull'opportunità di adottare le misure di controllo sopraelencate;
  - o. l'acqua utilizzata nei circuiti di fontane decorative, piscine e vasche per idromassaggi, esposte a scopo dimostrativo, in occasione di fiere o esposizioni, deve essere disinfettata con mezzi fisici e/o chimici;
  - p. sistemi di disinfezione:

In base alle conoscenze attuali, nessun metodo di disinfezione è in grado di lavorare adeguatamente per tutte le strutture e in tutte le circostanze. Questo perché vi sono molte differenze tra un sito e l'altro per qualità chimica e microbiologica dell'acqua in ingresso, per la progettazione e manutenzione dei sistemi distributivi dell'acqua nelle strutture, per numero di uscite periferiche dell'acqua, per compatibilità dei materiali o strumenti che utilizzano l'acqua verso alcuni sistemi di disinfezione, per le competenze del personale che si occupa della manutenzione, per le modalità di utilizzo dell'acqua e la vulnerabilità degli utenti della struttura.

In sostanza, le diverse strutture richiedono differenti soluzioni: spetta al gruppo di gestione del rischio Legionella e al personale che supervisiona il sistema idrico individuare qual è il metodo più appropriato sulla base dei dati dei fabbricanti, dei rapporti pubblicati, dei consigli di esperti indipendenti e della propria conoscenza ed esperienza. A causa della variabilità nei sistemi e la natura mutevole degli stessi nel tempo, ciò può comportare tentativi ed errori, o richiedere soluzioni diverse nel tempo e per le diverse parti del sistema (Borella et al., 2016).

In termini generali, esistono trattamenti sistemici applicabili in continuo o periodicamente o in modo spot a tutto e/o parti del sistema idrico e trattamenti localizzati solo in alcuni punti, per esempio radiazioni UV applicate all'acqua fredda in ingresso o filtri utilizzati ai punti d'uso in aree dove risiedono persone ad alto rischio.

- per affrontare il problema Legionella, la disinfezione non può essere l'unica soluzione, ma occorre attuare un sistema integrato di interventi che comprenda la manutenzione degli impianti e la formazione del personale;
- prima di ogni decisione se installare o meno sistemi di disinfezione o eseguire trattamenti spot nella struttura in esame (reti di acqua calda e/o fredda), è necessario effettuare un piano di valutazione preventiva del rischio completo e aderente al contesto;
- in pratica occorre identificare i rischi che devono essere controllati e le misure necessarie alla loro mitigazione;
- per decidere quale/quali sistemi di disinfezione adottare occorre prendere in considerazione le caratteristiche degli impianti e dei parametri chimico-fisici dell'acqua, sempre tenendo presente, quando possibile, le caratteristiche dei frequentatori;

- ciascun trattamento di disinfezione presenta limitazioni nell'uso e nell'efficacia temporale e ciò implica la necessità di selezionare la strategia più idonea al trattamento nelle differenti parti del sistema da disinfettare;
- eventuali parti del sistema in cui è impedita la penetrazione del disinfettante (ad esempio rami morti o percorsi lunghi e tortuosi o problemi di ricircolo) riducono l'efficacia di un metodo di disinfezione, per cui la selezione di un particolare metodo deve considerare anche questi aspetti critici;
- anche la presenza di biofilm e depositi di calcare, la corrosione, i materiali impiegati nella rete idrica e le caratteristiche chimiche e chimico-fisiche dell'acqua (quali, ad esempio, il pH, la temperatura, la torbidità, la durezza e la sostanza organica disciolta) possono interferire con il metodo adottato, riducendone l'efficacia;
- le sostanze di nuova concezione da utilizzare per la disinfezione dell'acqua dovranno essere sottoposte a valutazione e autorizzazione da parte del Ministero della Salute;
- sia per gli impianti di disinfezione in continuo che per eseguire trattamenti spot è buona norma rivolgersi a persone e/o ditte esperte del settore, disciplinando le attività da porre in essere con un contratto che eventualmente individui anche le responsabilità in caso di mancato raggiungimento degli obiettivi;
- per la scelta del disinfettante più appropriato, occorre disporre, oltre che della scheda di sicurezza, anche di una scheda tecnica che indichi la tipologia del/dei disinfettanti utilizzati, la modalità di preparazione se prodotti in loco, la concentrazione del disinfettante all'immissione e quella attesa ai punti periferici, nonché la relativa modalità di misurazione sul campo, il tempo di utilizzo del disinfettante se non usato in modo continuo, e i sistemi di allarme previsti per i trattamenti in continuo;
- per ogni disinfettante è necessario verificare preliminarmente la compatibilità con i materiali delle diverse componenti degli impianti (ad esempio tubazioni, giunti, rubinetteria, ecc.) e valutare l'eventuale utilizzo di sistemi anticorrosione sia chimici (filmanti selezionati tra quelli a uso alimentare) o fisici (elettromagnetici); per tenere sotto controllo la corrosione, è importante altresì evitare eccessive concentrazioni del biocida e/o la sovrapposizione tra diversi metodi di disinfezione;
- per garantire un funzionamento efficace, tutti i sistemi di disinfezione richiedono ispezioni routinarie, taratura del livello del disinfettante, manutenzione delle attrezzature di dosaggio, monitoraggio della presenza del disinfettante anche nei punti periferici, verifica della disponibilità dei materiali/reagenti che vengono consumati, verifica costante ed eventuale correzione delle condizioni operative, anche in base ai risultati dei controlli microbiologici;
- i trattamenti di disinfezione fisico/chimica potrebbero rendere l'acqua trattata non conforme ai requisiti di qualità richiesti dalla normativa vigente sulle acque destinate al consumo umano; nel caso in cui ciò si verifici è bene prevedere il controllo periodico della potabilità dell'acqua ed eventualmente adottare alcune limitazioni d'uso come, ad esempio, interdire il suo impiego nella preparazione dei pasti.

q. Apparecchi di controllo:

Gli apparecchi per il controllo in continuo del prodotto immesso in rete devono essere completi di accessori e registrazione in continuo, almeno dei seguenti parametri (intesi come valori medi orari):

- temperatura dell'acqua;
- portata istantanea e/o oraria di rinnovo, ovvero consumo idrico della rete (tramite il contatore idrico installato in ingresso ai boiler);

- concentrazione del prodotto alla centrale di produzione per i produttori di biossido di cloro o altri prodotti chimici direttamente rilevabili;
- quantità oraria di prodotto immessa in rete, per i dosatori di perossido di idrogeno;
- parametro redox.

L'impianto di dosaggio dovrà indicare esplicitamente (mediante display o altro tipo di indicatore) la quantità istantanea di prodotto immessa entro la rete, ovvero di:

- misurare ulteriori parametri (pH, conducibilità, ecc...);
- l'utilizzo di sonde che sopportino una contropressione (in modo da consentire la re-immissione nella rete dell'acqua prelevata dal sistema di trattamento, con drastica riduzione dei consumi termici e idrici);
- l'installazione di sistemi di monitoraggio della corrosione.

r. Materiali utilizzati:

Per la scelta dei materiali utilizzati si devono tenere in considerazione:

- Le proprietà batteriostatiche, ovvero la predisposizione di ciascun materiale alla formazione ed all'accrescimento del biofilm interno alle tubazioni;
- I trattamenti che potrebbero essere messi in atto durante il normale esercizio, siano termici o chimici;
- La tipologia di posa delle tubazioni (che siano sottotraccia o in cavedio) al fine di evitare la scelta di materiali inadeguati a certi contesti (es: materiali ad elevato rischio corrosivo nel caso di posa in ambienti umidi);
- L'eventuale esistenza di altri materiali già installati nel caso di una ristrutturazione parziale, al fine di evitare accoppiamenti galvanicamente sfavorevoli (principio della scala di nobiltà dei metalli).

<p><b>OTTIMO:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015.</p> <p>Documentazione che evidenzia l'adozione di un efficace programma di gestione degli impianti, capace di contenere la proliferazione e diffusione di legionella e prevenire sia la formazione di biofilm che la corrosione e le incrostazioni, tenendo in considerazione i materiali utilizzati.</p> <p>Documentazione che evidenzia l'individuazione ed allestimento dei punti di ispezione e di campionamento idonei riferiti a ciascun elemento costituente l'impianto tecnologico e piano di controllo annuale attraverso analisi chimiche e microbiologiche.</p>	-	5
---	---	---

Il criterio OTTIMO è applicabile quando sono soddisfatti seguenti requisiti:

La Legionella sarà ricercata nell'ambiente idrico artificiale o impianto tecnologico evidenziato dalla valutazione del rischio legionellosi o da osservazioni effettuate sul campo limitando i prelievi ai punti che maggiormente possono essere critici, sia in base allo schema di ciascun impianto a rischio sia in funzione dei dati epidemiologici.

I campioni sono rappresentati principalmente da:

- acqua del circuito dell'acqua calda e fredda sanitaria soprattutto qualora, per quest'ultima tipologia d'impianto, la temperatura sia superiore a 20°C;
- depositi (cosiddetti "fanghi") o sedimenti da serbatoi e altri punti di raccolta dell'acqua;
- incrostazioni da tubature e serbatoi;
- biofilm e/o altro materiale attaccato alle superfici interne delle tubazioni, allo sbocco di rubinetti, nei filtri rompigitto, all'interno del diffusore delle docce, da raccogliere utilizzando dei tamponi.

Il campionamento deve essere effettuato prima che venga attuato un qualunque intervento di disinfezione o pratica preventiva (pulizia e/o disinfezione con qualunque metodo) oppure a distanza di un tempo congruo dalla sua esecuzione (rif. dopo circa 48 ore dall'avvenuta messa a regime dell'impianto post-intervento).

E' opportuno che il numero di campioni sia proporzionato alle dimensioni dell'impianto.

Per ciascun impianto di acqua calda sanitaria devono essere effettuati almeno i seguenti prelievi:

- mandata (oppure dal rubinetto più vicino al serbatoio/i;
- ricircolo;
- fondo serbatoio/i;
- almeno 3 punti rappresentativi (ovvero i più lontani nella distribuzione idrica e i più freddi).

Per ciascun impianto di acqua fredda devono essere effettuati almeno i seguenti prelievi:

- fondo serbatoio/i;
- almeno 2 in punti rappresentativi (ovvero il più lontano nella distribuzione idrica ed il più caldo).

Sulla base dell'Analisi e valutazione del rischio legionellosi, il Piano di controllo e di Manutenzione di ciascun impianto a rischio, dovrà prevedere tutti gli interventi e le procedure volte a rimuovere le criticità individuate. Dovrà individuare tutti gli interventi da mettere in atto con particolare riferimento alle procedure di pulizia e disinfezione, la loro relativa periodicità, le analisi chimiche e microbiologiche necessarie.

L'adozione costante di buone pratiche di manutenzione dell'impianto idrico può contribuire a mantenere sotto controllo la contaminazione:

- deve essere effettuata una verifica sulle condizioni di funzionamento e di manutenzione della rete idrosanitaria (in particolar modo sui punti a rischio: rami morti, terminali scarsamente utilizzati, pulizia e disinfezione dei serbatoi e della rete idrica, pulizia dei terminali, ecc.);
- devono essere programmati controlli microbiologici ambientali per la ricerca di Legionella;
- devono essere programmati controlli delle caratteristiche chimico/fisiche dell'acqua;
- deve essere valutata la necessità di installare controlli di temperatura dell'acqua, di portata istantanea e/o oraria di rinnovo, ovvero consumo idrico della rete (tramite il contatore idrico installato in ingresso ai boiler);
- in caso di disinfezione in continuo:
  - installare sistemi di rilevazione della concentrazione del prodotto alla centrale di produzione;
  - l'impianto di dosaggio dovrà indicare esplicitamente (mediante display o altro tipo di indicatore) la quantità istantanea di prodotto immessa entro la rete;
  - misurare ulteriori parametri (pH, conducibilità, ecc...);
  - installare sonde che sopportino una contropressione (in modo da consentire la reimmissione nella rete dell'acqua prelevata dal sistema di trattamento, con drastica riduzione dei consumi termici e idrici);
  - installare sistemi di monitoraggio della corrosione.
- devono essere pianificate le attività di manutenzione;
- devono essere pianificati eventuali trattamenti di sanificazione;

- devono essere aggiornati i registri di manutenzione;
- devono essere registrati gli esiti dei controlli chimico/fisici e microbiologici.

Tutte queste procedure possono variare per frequenza di applicazione in rapporto alle caratteristiche della contaminazione, alle attrezzature impiegate e ai rischi per gli esposti:

- sia l'adozione di metodi di disinfezione che le procedure routinarie di manutenzione devono essere sostenibili per l'impegno economico e di personale e devono essere documentate in appositi registri controfirmati dalle persone responsabili;
- il personale e gli appaltatori a cui spetta monitorare i sistemi di disinfezione e fare manutenzione agli impianti idrici devono essere adeguatamente formati e avere esperienza specifica degli aspetti sanitari connessi con l'esposizione a Legionella;
- la comunicazione costante e in forma scritta tra le persone responsabili della salute dei pazienti/clienti/lavoratori e i tecnici responsabili degli impianti e dei sistemi di disinfezione, è alla base di una buona riuscita del sistema di controllo del rischio Legionella;
- il personale che effettua le attività di manutenzione deve indossare adeguati DPI per la protezione delle vie respiratorie.

#### **Normativa / Documenti di riferimento**

- Rapporto tecnico UNI CEN/TR 16355 con titolo "Raccomandazioni per la prevenzione della Legionella all'interno degli edifici che convogliano acqua per il consumo umano"
- Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi. A cura di Ministero della Salute. Edizione 2015
- Sicurezza dell'acqua negli edifici - Versione italiana del documento "Water Safety in buildings" pubblicato da WHO nel marzo 2011. Traduzione italiana Rapporti ISTISAN 12/47
- ISPESL - Quinta raccolta: contributi tecnici, normativi e di attualità sulla salute e sicurezza del lavoro. Il punto di vista ingegneristico su prevenzione e gestione del rischio Legionella negli ambienti di lavoro (maggio 2010 - pagg. 55-64)
- Rapporto ISS Covid-19 n. 21/2020: Guida per la prevenzione della contaminazione da Legionella degli impianti idrici di strutture turistico recettive, e altri edifici ad uso civile e industriale non utilizzati durante la pandemia Covid-19

<b>QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR</b>	NUOVA COSTRUZIONE	<b>D7.2</b>
	RISTRUTTURAZIONE	
<b>CATEGORIA: Rischi biologici</b>		
<b>CRITERIO: Rischio legionellosi impianti aeraulici</b>		

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA	
D. Qualità ambientale indoor	D7.2 Contaminazione da legionella	
ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Ridurre la probabilità di contaminazione da legionella dell' <b>impianti tecnologici</b> che comportano un riscaldamento dell'acqua e/o la sua nebulizzazione quali gli impianti di condizionamento con umidificazione dell'aria ad acqua, gli impianti di raffreddamento a torri evaporative o a condensatori evaporativi.	nella categoria	nel sistema completo
INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITÀ DI MISURA	
Misure prese per minimizzare la possibilità di proliferazione di legionella negli impianti tecnologici.	Qualitativo	
SCALA DI PRESTAZIONE		
	Unità di misura	PUNTI
<b>INSUFFICIENTE:</b> mancato rispetto di quanto previsto nei punti successivi.	-	n.a.
<b>SUFFICIENTE:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015.	-	0
<b>BUONO:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015. Documentazione che evidenzia l'adozione di un efficace programma di gestione degli impianti, capace di contenere la proliferazione e diffusione di legionella e prevenire sia la formazione di biofilm che la corrosione e le incrostazioni, tenendo in considerazione i materiali utilizzati.	-	3
<b>OTTIMO:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015. Documentazione che evidenzia l'adozione di un efficace programma di gestione degli impianti, capace di contenere la proliferazione e diffusione di legionella e prevenire sia la formazione di biofilm che la corrosione e le incrostazioni, tenendo in considerazione i materiali utilizzati. Documentazione che evidenzia l'individuazione ed allestimento dei punti di ispezione e di campionamento idonei riferiti a ciascun elemento costituente l'impianto tecnologico e piano di controllo annuale attraverso analisi chimiche e microbiologiche.	-	5

## Metodo e strumenti di verifica

### Prerequisiti e condizioni di applicabilità del criterio

I criteri a cui si fa riferimento in questa sezione sono quelli riportati nelle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi (Edizione 2015), applicabili a tutti gli ambienti lavorativi dove siano presenti **impianti tecnologici** che comportano un riscaldamento dell'acqua e/o la sua nebulizzazione quali gli impianti di condizionamento con umidificazione dell'aria ad acqua, gli impianti di raffreddamento a torri evaporative o a condensatori evaporativi.

La prevenzione delle infezioni da Legionella si basa essenzialmente:

- sulla corretta progettazione e realizzazione degli impianti tecnologici che comportano un riscaldamento dell'acqua e/o la sua nebulizzazione (impianti a rischio);
- sull'adozione di misure preventive (manutenzione e, all'occorrenza, disinfezione) atte a contrastare la moltiplicazione e la diffusione di Legionella negli impianti a rischio.

<p><b>SUFFICIENTE:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015.</p>	-	0
---	---	---

Il criterio SUFFICIENTE è applicabile quando sono soddisfatti i seguenti requisiti:

La progettazione presuppone un'attenta Valutazione del rischio Legionellosi.

La valutazione del rischio è l'indagine che individua le specificità dell'edificio e degli impianti in essa esercitati, per le quali si possono realizzare condizioni che collegano la presenza effettiva o potenziale di Legionella negli impianti alla possibilità di contrarre l'infezione.

Le informazioni relative alla Valutazione del rischio ed al relativo Piano di Controllo dovranno informare tutte le persone che sono coinvolte nel controllo e nella prevenzione della legionellosi nell'edificio.

Per quanto tali misure non garantiscano che un sistema o un suo componente siano privi di Legionella, esse contribuiscono a diminuire la probabilità di una contaminazione batterica grave.

Fermo restando il rispetto delle regole previste da norme e leggi esistenti (norme UNI, ecc.) per la costruzione e la manutenzione delle varie tipologie di impianti, il progetto deve prevedere le seguenti principali indicazioni per un ottimale controllo della contaminazione da Legionella.

## Unità di Trattamento Aria

### Prese d'aria esterna

Le prese d'aria esterna devono essere collocate distanti da camini, torri di raffreddamento, bocche di espulsione dell'aria dello stesso o di altri impianti aeraulici, ecc. in modo da impedire l'immissione nell'impianto di aria potenzialmente contaminata.

Le prese d'aria esterna, se poste su pareti verticali non protette, devono essere dimensionate per velocità non superiori a 2 m/s e devono essere dotate di efficaci sistemi per evitare che l'acqua penetri al loro interno. Occorre inoltre che siano ubicate ad idonee distanze (distanza minima 20 metri, preferibilmente superiore ai 50 metri o ancora superiore in presenza di venti prevalenti) da camini e da altre fonti di emissione di aria potenzialmente contaminata, con particolare riferimento a torri di raffreddamento, condensatori evaporativi e bocche di espulsione dell'aria dello stesso o di altri impianti aeraulici.

### Canalizzazioni

Ai fini di una buona manutenzione delle condotte dell'aria occorre progettare, costruire ed installare i sistemi aeraulici tenendo anche presente le seguenti esigenze manutentive:

- prevedere la possibilità di drenare efficacemente i fluidi usati per la pulizia;

- evitare di collocare l'isolamento termico all'interno delle condotte, considerata la difficoltà di pulire in modo efficace l'isolante stesso;
- dotare (a monte ed a valle) gli accessori posti sui condotti (serrande, scambiatori, ecc.) di apposite aperture di dimensioni idonee a consentire la loro pulizia, e di raccordi tali da consentirne un rapido ed agevole smontaggio e rimontaggio, assicurandosi che siano fornite accurate istruzioni per il montaggio e lo smontaggio dei componenti;
- ridurre al minimo l'uso di condotti flessibili corrugati e utilizzare materiali sufficientemente solidi per permetterne una facile pulizia meccanica;
- utilizzare terminali smontabili per la mandata e il recupero dell'aria;
- le canalizzazioni devono garantire una semplice pulizia e manutenzione.

### Filtri

La filtrazione dell'aria deve essere efficace; il costo di una filtrazione più efficace è molto inferiore a quello della pulizia dei componenti delle reti di distribuzione. Ove la tipologia dei locali o della struttura lo richieda dovranno essere installati filtri con elevata efficienza.

### Silenziatori

I materiali fonoassorbenti impiegati di solito sono del tipo poroso e fibroso, e quindi particolarmente adatti a trattenere lo sporco e di difficile pulizia. Si raccomanda quindi l'impiego di finiture superficiali che limitino tali inconvenienti, anche se questo porta ad una maggiore estensione delle superfici e quindi a costi più elevati. Inoltre si raccomanda di osservare le distanze consigliate dai costruttori tra tali dispositivi e gli umidificatori. I materiali fonoassorbenti devono essere di facile pulizia.

### Sistemi di umidificazione e Batterie di scambio termico

I sistemi di umidificazione e le batterie di raffreddamento non devono determinare ristagni d'acqua. Non è consentito l'utilizzo di sistemi di umidificazione che possono determinare ristagni d'acqua. Si sconsiglia l'uso di umidificatori con ricircolo d'acqua interno all'Unità di Trattamento dell'Aria (sistemi adiabatici) a favore di sistemi di umidificazione a vapore. Associare un trattamento dell'acqua se presente l'umidificazione adiabatica. Nel caso di batterie di raffreddamento, le superfici alettate ed in particolare le vasche di raccolta della condensa costituiscono i luoghi dove maggiormente possono proliferare microrganismi e muffe. Risulta pertanto necessario installare vasche dotate della dovuta inclinazione in modo da evitare ristagni, e realizzarle con materiali anticorrosivi per agevolarne la pulizia. Gli scarichi delle vasche devono essere adeguatamente sifonati.

### **Torri di raffreddamento e condensatori evaporativi**

Il rischio collegato a tali impianti tecnologici deriva dalla presenza nell'acqua di Legionella ed alla dispersione in atmosfera di un aerosol contaminato, costituito da gocce di varie dimensioni.

Per tali apparecchiature, componenti importanti di molti processi industriali e commerciali nonché di impianti di condizionamento centralizzati, in conseguenza di quanto sopra esposto, è critico il loro posizionamento.

In particolare:

- le bocche di scarico delle torri e dei condensatori devono essere posizionate almeno 2 metri al di sopra della parte superiore di qualsiasi elemento o luogo da proteggere (finestre, prese d'aria, luoghi frequentati da persone) o ad una distanza, in orizzontale, di almeno 20 metri (preferibilmente superiore ai 50 metri o più elevate in presenza di venti dominanti). Per il calcolo delle distanze, si considerino come riferimento i punti più vicini tra loro tra la bocca di scarico ed il luogo da proteggere. Se la bocca di scarico dovesse essere posizionata al di sotto dei luoghi da proteggere, per calcolare la distanza minima di separazione, si deve tene-

re conto dell'entità del flusso di emissione, della sua velocità e della direzione del pennacchio nell'atmosfera. Specifiche di installazione possono essere desunte da linee guida tecniche e dalla legislazione vigente in Spagna (Abad Sanz Isabel et al., 2006; Ministerio de Sanidad y Consumo, 2003). In ogni caso si dovrà tenere in debita considerazione la direzione dei venti dominanti della zona oggetto dell'installazione;

- l'impianto deve essere facilmente accessibile anche nelle parti interne, onde favorirne l'ispezione e le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, pulizia, disinfezione e campionamento;
- le superfici interne della vasca di raccolta devono essere il più possibile lisce, con angoli arrotondati, di facile pulizia e disinfezione;
- il fondo della vasca deve essere realizzato in maniera da evitare il ristagno di acqua e possedere almeno uno scarico, posizionato nel punto più basso, per l'evacuazione del sedimento;
- gli impianti devono disporre dei separatori di goccia ad alta efficienza, che coprano tutta la superficie di scarico, di alta efficienza in modo che le perdite di acqua sotto forma di aerosol siano contenute a meno dello 0,05% della massa d'acqua circolante.

<p><b>BUONO:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015.</p> <p>Documentazione che evidenzia l'adozione di un efficace programma di gestione degli impianti, capace di contenere la proliferazione e diffusione di legionella e prevenire sia la formazione di biofilm che la corrosione e le incrostazioni, tenendo in considerazione i materiali utilizzati.</p>	-	3
---	---	---

Il criterio BUONO è applicabile quando sono soddisfatti seguenti requisiti:

### MISURE DI CONTROLLO E DI GESTIONE

Il Programma di Gestione deve prevedere l'attuazione delle seguenti procedure e misure di controllo periodiche per il contenimento del rischio legionellosi:

#### A. Unità di trattamento aria

Tutte le batterie di scambio termico, le vasche di raccolta dell'acqua di condensa, gli umidificatori, i ventilatori, le serrande e le griglie devono essere puliti utilizzando uno o una combinazione dei seguenti metodi:

- lance ad aria ad alta pressione;
- sistemi a vapore;
- apparecchiature ad acqua;
- aspirazione con aspiratori dotati di filtri HEPA;
- detergenti non aggressivi;
- disinfettanti;
- sistemi manuali.

Le operazioni di pulizia non devono causare alcun danno apprezzabile, né provocare l'erosione o la modifica della disposizione delle alette di passaggio dell'aria.

La sezione filtrante deve essere accuratamente pulita ed ogni residuo o ruggine deve essere rimosso. I filtri devono essere regolarmente sostituiti, nel rispetto delle specifiche fornite dal costruttore. Lo stoccaggio deve avvenire in locali al riparo della polvere e deve essere eliminata l'eventuale presenza di gocce d'acqua sulle loro superfici.

Umidificatori adiabatici: sulla base della valutazione del rischio, il circuito della sezione di umidificazione deve essere regolarmente sanificato senza compromettere l'integrità del

componente. Qualora necessario, è richiesta anche la disincrostazione e la regolazione degli ugelli nebulizzatori.

Canalizzazioni degli impianti centralizzati: devono essere periodicamente ispezionate sia esternamente che internamente; sulla base della valutazione del rischio, le canalizzazioni devono essere preliminarmente pulite e successivamente disinfettate mediante nebulizzazione, con apparecchiature idonee, del prodotto disinfettante. Tale operazione deve essere eseguita in più punti della distribuzione aeraulica, per consentire il dispensamento del prodotto disinfettante su tutta la superficie delle canalizzazioni.

Le vasche di raccolta della condensa: devono essere periodicamente pulite e disinfettate così come devono essere pulite regolarmente per aspirazione e spazzolatura le batterie di scambio.

#### B. Torri di raffreddamento e condensatori evaporativi

Si raccomanda di sottoporre a trattamento chimico, o analogo per risultati, l'acqua di raffreddamento, al fine di controllare il rischio che possa favorire lo sviluppo microbico a causa della mancanza di un'adeguata copertura biocida.

Il trattamento dell'acqua di raffreddamento deve essere anche finalizzato a ridurre il rischio di incrostazioni e corrosioni nell'impianto, la cui influenza indiretta nei confronti del potenziale di proliferazione batterica è significativa.

Tali trattamenti devono costituire parte integrante del processo di valutazione del rischio legionellosi.

Il trattamento biocida su base continua (il cui utilizzo deve essere modulato sulla base del corretto esercizio tecnologico dell'impianto) deve essere supportato mediante interventi di disinfezione routinari, le cui modalità e frequenza devono essere motivati dalla valutazione del rischio legionellosi.

Vanno inoltre attuati interventi di pulizia e drenaggio del sistema, accompagnati dalla sua disinfezione:

- prima del collaudo;
- alla fine della stagione di raffreddamento o prima di un lungo periodo di inattività (la cui durata, dipendendo dalla tipologia di struttura presso cui l'impianto è esercitato, deve essere definita dalla valutazione del rischio legionellosi);
- all'inizio della stagione di raffreddamento o dopo un lungo periodo di inattività (la cui durata, dipendendo dalla tipologia di struttura presso cui l'impianto è esercitato, deve essere definita dalla valutazione del rischio legionellosi);
- almeno due volte l'anno nel caso di funzionamento continuativo dell'impianto.

Per minimizzare i problemi dovuti alla precipitazione di sali, responsabili di incrostazioni, va previsto il ricambio periodico di parte della massa d'acqua circolante e, qualora necessario, l'addolcimento dell'acqua di reintegro all'impianto.

I separatori di gocce sulle torri di raffreddamento e sui condensatori evaporativi devono essere mantenuti sempre in perfetta efficienza.

Da un punto di vista manutentivo è fondamentale che l'impianto sia facilmente accessibile anche nelle parti interne, onde favorirne l'ispezione e le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, pulizia, disinfezione e campionamento.

#### Materiali Utilizzati:

- i materiali costitutivi del circuito idraulico devono resistere all'azione aggressiva dell'acqua, del cloro e di altri disinfettanti, al fine di evitare fenomeni di corrosione;
- è importante non utilizzare materiali porosi o facilmente corrodibili e progettare il bacino inclinato con lo scarico nel punto più basso; filtrare l'aria in ingresso per eliminare le impurità più grossolane;
- si raccomanda che le parti metalliche del sistema siano sottoposte a trattamento chimico,

- fisico-chimico o fisico per minimizzare la corrosione durante il suo esercizio;
- le superfici interne della vasca di raccolta devono essere il più possibile lisce, con angoli arrotondati, di facile pulizia e disinfezione;
  - uno spurgo per l'eliminazione dei sali dovrà essere installato nel punto più basso ed avere un diametro interno in uscita proporzionale al volume d'acqua. È consigliabile un sistema automatizzato di spurgo sulla base dei valori di conducibilità. Per quanto riguarda i separatori di gocce, essi devono essere ad elevata efficienza di captazione per le gocce di piccola dimensione. Per minimizzare le perdite di acqua per trascinarsi è bene evitare passaggi di bypass del pacco di riempimento e la presenza di ostruzioni nel pacco stesso.

<p><b>OTTIMO:</b> planimetrie, disegni e relazioni tecniche che evidenziano che sono state prese le misure per il contenimento del rischio legionellosi degli impianti tecnologici nella fase di progettazione, così come previsto dalle Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi, a cura del Ministero della Salute Edizione 2015.</p> <p>Documentazione che evidenzia l'adozione di un efficace programma di gestione degli impianti, capace di contenere la proliferazione e diffusione di legionella e prevenire sia la formazione di biofilm che la corrosione e le incrostazioni, tenendo in considerazione i materiali utilizzati.</p> <p>Documentazione che evidenzia l'individuazione ed allestimento dei punti di ispezione e di campionamento idonei riferiti a ciascun elemento costituente l'impianto tecnologico e piano di controllo annuale attraverso analisi chimiche e microbiologiche.</p>	-	5
---	---	---

Il criterio OTTIMO è applicabile quando sono soddisfatti seguenti requisiti:

La Legionella dovrà essere ricercata nell'impianto aeraulico, impianto di raffreddamento a torri evaporative/condensatori evaporativi limitando i prelievi ai punti che maggiormente possono essere critici, sulla base della valutazione del rischio legionellosi o da osservazioni effettuate sul campo, sia in base allo schema di ciascun impianto a rischio, sia in funzione dei dati epidemiologici.

I campioni sono rappresentati principalmente da:

- acqua d'umidificazione degli impianti aeraulici;
- acqua dell'impianto di raffreddamento a torri evaporative/condensatori evaporativi.

I campioni devono essere prelevati dal bacino (tenendosi lontani dal punto di immissione dell'acqua tramite galleggiante) e/o dal ritorno caldo dalle utenze (torri evaporative).

È sufficiente (a meno di risultanze diverse derivanti dalla valutazione del rischio legionellosi) il prelievo di un campione per ciascun impianto di raffreddamento.

Il Piano di Monitoraggio e Controllo può prevedere anche la determinazione di Legionella nei filtri da impianti di climatizzazione e nell'aria umidificata (ad es. quella che fuoriesce dalle torri evaporative/condensatori evaporativi); tuttavia i campioni di bioaerosol presentano criticità analitiche a causa della presenza massiva di flora microbica (lieviti, funghi o altri batteri) che interferisce sull'esito analitico.

Durante l'esercizio degli impianti aeraulici è importante eseguire:

- ispezioni tecniche per controllarne e rilevarne il corretto funzionamento come riportato dall'Accordo del 7 Febbraio 2013 tra il Governo, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano sul Documento recante "Procedura operativa per la valutazione e gestione dei rischi correlati all'igiene degli impianti di trattamento aria" e dalle Linee Guida del 5 Ottobre 2006 emesse dalla Presidenza del Consiglio (Conferenza Permanente Stato-Regioni) denominate "Schema di Linee Guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione";

- ispezioni igienico sanitarie che devono verificare le condizioni dell'impianto nel suo insieme, dalla presa d'aria primaria, alle unità di trattamento dell'aria (UTA), ai canali di mandata e di ripresa, fino alle bocchette di immissione in ambiente;
- visite di controllo, con periodicità da definirsi anche in base alla valutazione del rischio, per verificarne le condizioni dell'impianto nel suo complesso. Sulla base delle evidenze emerse durante l'ispezione, qualsiasi fattore che potrebbe comportare un pericolo immediato per la salute umana, dovuto all'inquinamento dell'aria respirata, deve essere eliminato mediante sanificazione dell'impianto.

In particolare i controlli sono da eseguirsi presso le seguenti sezioni dell'impianto considerate più critiche:

- filtri: è da controllare lo stato di efficienza dei filtri (misura della pressione differenziale, tempo di esercizio). Si raccomanda il periodico ricambio dei filtri, nel rispetto delle specifiche fornite dal costruttore;
- batterie di scambio termico: vanno periodicamente pulite e disinfettate le vasche di raccolta della condensa e le superfici alettate con la rimozione dello sporco organico ed inorganico;
- umidificatori dell'aria ambiente: deve essere assicurato che non si verifichi formazione di acqua di condensa durante il funzionamento; tutte le parti a contatto con acqua in modo permanente devono essere pulite e, se necessario, periodicamente disinfettate;
- umidificatori adiabatici: la qualità dell'acqua utilizzata nelle sezioni di umidificazione adiabatica deve essere periodicamente controllata. La frequenza di controllo deve essere fornita dalla valutazione del rischio legionellosi. L'incremento della carica batterica deve essere prevenuto mediante sistemi di disinfezione o altri sistemi di provata efficacia e periodica pulizia e sanificazione di questa sezione dell'impianto. La carica batterica totale dell'acqua circolante non deve eccedere il valore standard di  $10^6$  UFC/L. La presenza di Legionella negli umidificatori è prossima allo 0, se la carica batterica non eccede  $10^3$  UFC/L; in ogni caso, l'acqua utilizzata in impianti di trattamento dell'aria che utilizzano acqua per l'umidificazione deve essere contraddistinta da assenza di Legionella, ossia dalla non rilevabilità di Legionella con metodi microbiologici colturali. Pertanto, il riscontro anche di una minima positività richiede necessariamente l'adozione di provvedimenti immediati, efficaci e duraturi nel tempo per ripristinare e garantire le condizioni di massima sicurezza richieste ai fini della tutela della salute delle persone esposte.

In generale dal punto di vista manutentivo è importante eseguire controlli periodici ed effettuare interventi di pulizia di tutte le parti che compongono l'impianto tecnologico, seguiti da un'accurata rimozione delle sostanze utilizzate per la pulizia stessa.

Sulla base dell'Analisi e valutazione del rischio legionellosi, il piano di controllo e di manutenzione di ciascun impianto a rischio dovrà prevedere tutti gli interventi e le procedure volte a rimuovere le criticità individuate. Dovrà individuare tutti gli interventi da mettere in atto con particolare riferimento alle procedure di pulizia e disinfezione, la loro relativa periodicità, le analisi chimiche e microbiologiche necessarie.

L'adozione costante di buone pratiche di manutenzione dell'impianto aeraulico e delle torri di raffreddamento/condensatori evaporativi, può contribuire a mantenere sotto controllo la contaminazione:

- deve essere effettuata una verifica sulle condizioni di funzionamento e di manutenzione;
- devono essere programmati controlli microbiologici ambientali per la ricerca di Legionella;
- devono essere programmati controlli delle caratteristiche chimico/fisiche dell'acqua;
- devono essere pianificate le attività di manutenzione;
- devono essere pianificati eventuali trattamenti di sanificazione;
- devono essere aggiornati i registri di manutenzione;
- devono essere registrati gli esiti dei controlli chimico/fisici e microbiologici.

Tutte queste procedure possono variare per frequenza di applicazione in rapporto alle caratteristiche della contaminazione, alle attrezzature impiegate e ai rischi per gli esposti:

- sia l'adozione di metodi di disinfezione che le procedure routinarie di manutenzione devono essere sostenibili per l'impegno economico e di personale e devono essere documentate in appositi registri controfirmati dalle persone responsabili;
- il personale e gli appaltatori a cui spetta monitorare i sistemi di disinfezione e fare manutenzione agli impianti idrici devono essere adeguatamente formati e avere esperienza specifica degli aspetti sanitari connessi con l'esposizione a Legionella;
- la comunicazione costante e in forma scritta tra le persone responsabili della salute dei pazienti/clienti/lavoratori e i tecnici responsabili degli impianti e dei sistemi di disinfezione è alla base di una buona riuscita del sistema di controllo del rischio Legionella;
- il personale che effettua le attività di manutenzione deve indossare adeguati DPI per la protezione delle vie respiratorie. Tutti gli interventi devono essere eseguiti a impianti non funzionanti e deve essere garantito un tempo di latenza sufficiente tra l'arresto del funzionamento e l'inizio dei lavori di manutenzione per permettere alle gocce d'acqua di depositarsi.

#### **Normativa / Documenti di riferimento**

- Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi. A cura di Ministero della Salute. Edizione 2015
- Accordo Conferenza Stato-Regioni 07.02.2013 - Valutazione e gestione dei rischi correlati all'igiene degli impianti di trattamento aria
- Linee Guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione GU n.256 del 03/11/2006
- ISPESL - Quinta raccolta: contributi tecnici, normativi e di attualità sulla salute e sicurezza del lavoro. Il punto di vista ingegneristico su prevenzione e gestione del rischio Legionella negli ambienti di lavoro (maggio 2010 - pagg. 55-64)

# **Raccolta dei MANUALI**

**CATEGORIA: Qualità dell'aria**

CRITERIO: Concentrazione formaldeide

**INQUADRAMENTO SANITARIO E AMBIENTALE**

La formaldeide è un agente chimico ubiquitario presente nell'ambiente esterno quale risultato della combustione di materiali organici, della degradazione di idrocarburi nell'aria, delle emissioni industriali e di quelle da traffico veicolare rappresentando, quindi, uno dei più diffusi inquinanti.

Nell'arco della giornata le persone respirano da 10 a 20 m<sup>3</sup> di aria, a seconda dell'età e della loro attività. Ciò corrisponde ad una massa d'aria di 12-24 kg.

Inoltre la formaldeide è da molti anni ampiamente utilizzata nella produzione di materiali per l'edilizia, mobili, prodotti per la pulizia, colle, vernici, disinfettanti, plastiche, coloranti, imballaggi, ecc.; può essere presente anche nell'abbigliamento e nella tappezzeria, in quanto è spesso utilizzata nei trattamenti di stampa dei tessuti e nel fumo di sigaretta.

Un'indagine sull'esposizione a formaldeide all'interno di abitazioni di residenti in Italia ha riscontrato concentrazioni medie indoor di 16.0 µg/m<sup>3</sup> (dev. st = 8.0 µg/m<sup>3</sup>), con concentrazioni inferiori durante l'estate (Lovreglio et al., 2009). Nell'ambito di un'indagine europea, le concentrazioni residenziali indoor di formaldeide sono risultate superiori, con livelli medi di 23.8 µg/m<sup>3</sup> (dev. st = 5.9 µg/m<sup>3</sup>), anche se con ampia variabilità tra le città europee (range: 14.4-30.7 µg/m<sup>3</sup>) (De Bruin et al., 2008).

La IARC e l'Unione Europea hanno entrambe classificato la formaldeide come certamente cancerogena per l'uomo (classe 1 e 1B, rispettivamente), indicando come sicuramente associati alla sua esposizione, i carcinomi del rinofaringe e le leucemie, e possibilmente associati i carcinomi del naso e dei seni paranasali (Cogliano et al., 2011).

Il valore guida OMS è 0,1 mg/m<sup>3</sup> come concentrazione media di 30 minuti. A concentrazioni nell'aria superiori a 0,1 mg/m<sup>3</sup>, la formaldeide può irritare per inalazione le mucose e gli occhi. Alcuni paesi europei hanno posto limiti in ambiente di vita diversi da quello dell'OMS. Per esempio, la Finlandia e la Francia hanno adottato un limite di 30 µg/m<sup>3</sup>, che in Francia verrà ulteriormente ridotto a 10 µg/m<sup>3</sup> dal 2023, Polonia e Norvegia 50 µg/m<sup>3</sup> e 60 µg/m<sup>3</sup>, rispettivamente.

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers: valore guida 0,1 mg/m<sup>3</sup> in 30 minuti di esposizione.

NIOSH (ente USA per la ricerca sugli agenti occupazionali): REL (Recommended Exposure Limit) 20 µg/m<sup>3</sup> per un'esposizione continuativa ponderata su un turno di lavoro di 10 ore.

WBS – International Well Building Institute (Well Building Standard): < 27 ppb.

**APPROFONDIMENTI E INFORMAZIONI UTILI**

DM 10 ottobre 2008: i pannelli a base di legno e manufatti con essi realizzati contenenti formaldeide non possono essere immessi in commercio se la concentrazione di equilibrio di formaldeide nell'aria dell'ambiente di prova supera il valore di 0,1 ppm (0,124 mg/m<sup>3</sup>).

In merito all'inquinamento indoor, sono da valutare anche le particelle e le polveri sottili, le sostanze inorganiche e gli inquinanti biologici.

In merito alle particelle/polveri sottili, riscontriamo l'amianto, le fibre minerali artificiali, il fumo di tabacco o polvere di toner.

Le polveri sottili sono definite come piccole particelle sospese nell'aria. Le particelle solide possono essere costituite da sostanze inorganiche (ad es. sali, metalli, fuliggine) e sostanze organiche (ad es. virus, spore, polline, fibre). Le particelle liquide, invece, sono presenti sotto forma di goccioline.

Il pericolo potenziale di queste polveri deriva fondamentalmente dalla composizione chimica, nonché dalle dimensioni e dalla forma delle particelle, da cui dipende la profondità con cui possono penetrare nelle vie respiratorie. Inoltre, l'elevata superficie specifica delle particelle causa un elevato potenziale di assorbimento delle sostanze in tracce gassose. In particolare gli inquinanti difficilmente volatili si accumulano nelle polveri sottili aumentandone la pericolosità. Anche le

polveri sottili possono essere rilasciate da un gran numero di prodotti per l'edilizia.

In merito alle sostanze inorganiche si possono prendere ad esempio: l'anidride carbonica, il monossido di carbonio, gli ossidi di azoto, i metalli e il radon. Ogni individuo produce anidride carbonica, ma anche i materiali da costruzione possono generarla.

Facendo riferimento agli agenti biologici, come ad esempio i funghi (muffe) e batteri, questi hanno bisogno di umidità per crescere e nell'aria interna si distinguono per la presenza di composti volatili sotto forma di odori, spore e germi.

La mancanza di ossigeno sul posto di lavoro può compromettere il nostro benessere, come ad esempio la vista offuscata, la sonnolenza, cefalea, capogiri, ecc., ma anche aumento della frequenza cardiaca.

In considerazione del fatto che gli edifici sono molto isolati, ai fini del risparmio energetico, i ricambi d'aria sono diminuiti, e non a caso l'attenzione si è spostata sempre più sulla qualità dell'aria interna, pertanto oltre al volume dell'aria, alla temperatura e all'umidità, la qualità dell'aria interna è influenzata da un gran numero di sostanze estranee.

### **ALCUNI ESEMPI**

La formaldeide si trova principalmente nell'industria chimica, quale componente della produzione di resine termo indurenti, schiume isolanti e prodotti adesivi. Pertanto è riscontrabile come collante nella produzione di pannelli di truciolato e fono assorbenti (controsoffitti, pareti divisorie, pareti mobili, parquet, moquette etc.), nella produzione dei mobili, nei pannelli di legno, soprattutto a seguito di verniciatura.

Nell'industria tessile viene usata per migliorare la stabilizzazione delle tinture dei tessuti (al fine di renderli più resistenti) e in alcuni trattamenti antipiega.

Per prevenire i danni da formaldeide si consiglia di:

- inserire negli ambienti delle piante che sono in grado di assorbire la formaldeide (ad es. il ficus, la felce di Boston e la dracena);
- acquistare dei mobili con l'indicazione FF (formaldeide free) oppure E! (a bassa emissione);
- preferire il legno massello al compensato e/o al truciolato.

**CATEGORIA: Qualità dell'aria**

**CRITERIO:** Concentrazione contaminanti chimici

**INQUADRAMENTO SANITARIO E AMBIENTALE**

I risultati di numerosi studi mettono in evidenza che la concentrazione di inquinanti nell'aria indoor è spesso superiore ai rispettivi valori esterni. Negli ultimi anni la qualità dell'aria indoor è stata riconosciuta come obiettivo imprescindibile di una strategia integrata relativa all'inquinamento atmosferico nel suo complesso e numerose pubblicazioni (OMS, ISS, ISPRA, ecc.) inquadrano il problema fornendo raccomandazioni e misure di controllo.

Gli inquinanti chimici indoor comprendono una serie di sostanze naturali o artificiali che, presenti nell'aria in forma liquida, solida o gassosa, ne peggiorano la qualità. Possono originarsi da fonti situate negli ambienti stessi o provenire dall'aria esterna, soprattutto in condizioni di elevato inquinamento ambientale. I principali contaminanti chimici derivanti dall'ambiente confinato sono soprattutto la formaldeide, i composti organici volatili (COV), gli idrocarburi policiclici aromatici, sostanze presenti nel fumo di tabacco ambientale, i pesticidi, l'amianto ed i gas di combustione.

La letteratura ha in alcuni casi anche cercato di definire limiti di accettabilità per la concentrazione di contaminanti indoor. Si riportano a titolo conoscitivo alcuni valori indicati da organismi internazionali riconosciuti:

- OMS – Organizzazione Mondiale della Sanità;
- ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale;
- ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers;
- WBS – International Well Building Institute (Well Building Standard).

**Monossido di carbonio**

OMS: 7 mg/ m<sup>3</sup> per 24 ore (35 mg/ m<sup>3</sup> per 1 ora)

ASHRAE: < 9 ppm per 8 ore

**Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)**

OMS: 200 µg/m<sup>3</sup> come media oraria; 40 µg/m<sup>3</sup> come media annuale

ASHRAE: 0,053 ppm (100µg/m<sup>3</sup>) come limite della media annuale

**Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)**

ASHRAE: 80 g/m<sup>3</sup> in un anno

**Composti organici volatili (COV)**

WBS: < 500 µg/m<sup>3</sup>

**Benzene**

OMS: non può essere raccomandato nessun livello sicuro di esposizione al benzene e tutte le esposizioni indoor devono essere considerate rilevanti per la salute

**Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)**

OMS: non può essere determinato un valore limite e tutte le esposizioni indoor devono essere considerate rilevanti per la salute

**Ozono**

ASHRAE: 100 µg/ m<sup>3</sup> come media di 8 ore

### Particolato aerodisperso

OMS per aria esterna: PM<sub>2,5</sub>: 10 µg/m<sup>3</sup> come media annuale e 25 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera

PM<sub>10</sub>: 20 µg/m<sup>3</sup> come media annuale e 50 µg/m<sup>3</sup> come media giornaliera

WBS: PM<sub>2,5</sub> < 15 µg/m<sup>3</sup>

WBS PM<sub>10</sub> < 50 µg/m<sup>3</sup>

### APPROFONDIMENTI E INFORMAZIONI UTILI

Tra le fonti puntuali interne più comuni di contaminanti chimici si trovano il fumo di tabacco, i processi di combustione, i prodotti per la pulizia e la manutenzione della casa, gli antiparassitari, l'uso di colle, adesivi, solventi, l'utilizzo di strumenti di lavoro quali stampanti, plotter e fotocopiatrici (tabella).

Fonti	Principali inquinanti
Fumo di tabacco	Particolato aerodisperso, monossido di carbonio, COV, formaldeide
Stampanti e fotocopiatrici	COV, ozono
Prodotti per la pulizia	COV
Prodotti di cancelleria	COV
Forni, fornelli	Biossido di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo, sostanze odorigene
Caldaie e stufe a gas	Biossido di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo
Motori a scoppio	Biossido di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo, idrocarburi incombusti (benzene, IPA)
Stufe e forni a legna	Particolato aerodisperso, biossido di azoto, monossido di carbonio, biossido di zolfo, composti organici volatili, idrocarburi policiclici aromatici

Anche le emissioni dei materiali utilizzati per la costruzione (es. isolamenti contenenti amianto) e l'arredamento (es. mobili fabbricati con legno truciolato, con compensato o con pannelli di fibre di legno di media densità, oppure trattati con antiparassitari, ma anche moquette e rivestimenti) possono contribuire alla miscela di inquinanti presenti ma sono presi in considerazione nella scheda D.1.3.

### Normativa di riferimento

- D.P.C.M. 23.12.2003 Attuazione dell'art. 51, comma 2 della legge 16 gennaio 2003, n. 3, come modificato dall'art. 7 della legge 21 ottobre 2003, n. 306, in materia di «tutela della salute dei non fumatori»
- UNI CIG 7129 Testo Unico per gli impianti a gas

### Documenti per approfondimenti

- Linee guida Regione Piemonte “Inquinamento olfattivo da cottura di alimenti”
- The WELL Building Standard Ed. 2016
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale “Inquinamento indoor: aspetti generali e casi studio in Italia” Rapporto 117/2010

## **ALCUNI ESEMPI**

Oltre all'adeguato ricambio dell'aria indoor, occorre mettere in atto altre misure di controllo allo scopo di isolare le aree o i locali dove i contaminanti possono essere generati ed impedirne la diffusione.

## **DIVIETO DI FUMARE**

L'art. 51 della L. 3/2003 fa divieto di fumare nei locali chiusi, ad eccezione di quelli privati non aperti ad utenti o al pubblico e quelli riservati ai fumatori e come tali contrassegnati. La Circolare Ministeriale del 17 dicembre 2004 ("Indicazioni interpretative e attuative dei divieti conseguenti all'entrata in vigore dell'articolo 51 della legge 16 gennaio 2003, n.3, sulla tutela della salute dei non fumatori") chiarisce come il divieto di fumare sia da intendersi esteso non solo ai luoghi di lavoro pubblici, ma anche a quelli privati in quanto aperti ad utenti, fra i quali l'articolo 51 della Legge 3/2003 ricomprende gli stessi lavoratori dipendenti.

Il D.Lgs 12 gennaio 2016, n. 6 ha modificato l'art. 51 della L3/2003, introducendo il divieto di fumo nelle pertinenze esterne degli ospedali; inoltre il decreto ha introdotto il divieto di fumo in auto con minori e donne in gravidanza.

I locali riservati ai fumatori devono essere dotati di impianti per la ventilazione ed il ricambio di aria con le caratteristiche di cui al D.P.C.M. 23.12.2003.

Negli esercizi di ristorazione devono essere adibiti ai non fumatori uno o più locali di superficie prevalente rispetto alla superficie complessiva di somministrazione dell'esercizio.

Con legge n. 128 dell'8 novembre 2013 il divieto di fumo è stato esteso alla sigaretta elettronica nei locali chiusi e nelle aree all'aperto di pertinenza delle scuole.

È opportuno che in tutti gli ambienti di lavoro il divieto di fumo sia regolamentato e siano adottate misure per promuovere ambienti di lavoro liberi dal fumo.

## **FACILITAZIONE DELLE OPERAZIONI DI PULIZIA**

È opportuno incoraggiare l'utilizzo di materiali di rivestimento di pavimenti e pareti di facile pulizia. Agli ingressi devono essere collocati sistemi per la pulizia delle suole delle scarpe (griglie, zerbini).

I prodotti di pulizia devono essere stoccati in aree separate dagli ambienti con permanenza di persone, non accessibili a bambini e in armadi dotati di serratura.

I prodotti chimici non miscelabili (es prodotti a base di cloro e prodotti a base di ammoniaca) devono essere stoccati separatamente.

Dovrebbero essere adottati protocolli scritti per regolamentare la frequenza delle pulizie ed il tipo di prodotti utilizzati (non tossici, ipoallergenici). Dove possibile dovrebbero essere utilizzate tecniche di pulizia che privilegino l'uso dell'acqua senza detergenti (es. pulizia a vapore), sistemi di aspirazione filtrati, ecc.

È consigliabile areare i locali durante e dopo le operazioni di pulizia.

## **SEPARAZIONE DEGLI SPAZI DESTINATI ALLE FOTOCOPIATRICI, ALLE STAMPANTI E AL DEPOSITO DI MATERIALI**

Occorre collocare fotocopiatrici e stampanti in aree a bassa permanenza di persone o preferibilmente in locali adeguatamente e autonomamente aerati dove non sia prevista la presenza continua di personale. Utilizzare preferibilmente fotocopiatrici ozono free.

I depositi di prodotti e materiali che possono rilasciare inquinanti (es. materiali utilizzati per la costruzione, isolanti, legno truciolato, compensato, cancelleria, solventi, colle) devono essere separati e autonomamente ventilati.

In relazione alla tipologia e quantità di materiale stoccato si consideri di mettere in opera accorgimenti tecnici che impediscano la migrazione dei contaminanti (es. ventilazione meccanica o sistemi in aspirazione).

### **SISTEMI DI EVACUAZIONE FUMI DELLE CUCINE**

I fumi di cottura contengono residui di combustione, ma anche composti odorigeni che non sono necessariamente associati ad un reale rischio per la salute umana, ma possono generare disturbi, quali disturbi gastrici, mal di testa, disturbo del sonno, perdita di appetito ed essere fonte di controversie fra vicinato.

**Condotto di evacuazione fumi/canna fumaria.** In base alla norma UNI 7129/92, gli apparecchi di cottura devono sempre scaricare i prodotti della combustione in apposite cappe, che devono essere collegate a camini, canne fumarie, o direttamente all'esterno. Per una corretta costruzione della canna fumaria è bene tener conto di alcuni aspetti quali:

- l'altezza del camino: aumentare l'altezza del camino rende più facile il tiraggio naturale;
- presenza di curve o tratti orizzontali: una canna fumaria con molte curve e tratti orizzontali o inclinati, aumenta la propria lunghezza senza aumentare la propria altezza; ne consegue che la quantità di aria in essa contenuta, anche se più leggera dell'aria esterna, può avere un peso complessivo eccedente la capacità di spinta della corrispondente colonna d'aria esterna. Per questo le curve ed i tratti orizzontali vanno compensati con un prolungamento del tratto verticale del camino;
- perdite di carico (per dispersione termica o per attrito) dovute a vari fattori quali la velocità dei fumi, la resistenza termica del materiale che riveste le pareti, il diametro e la lunghezza del camino, l'irregolarità della sezione del condotto.

**Caratteristiche dei comignoli.** Lo scarico dei prodotti della combustione attraverso una canna fumaria con sbocco a tetto è senza dubbio la soluzione migliore in quanto la funzione del comignolo è quella di permettere la corretta dispersione dei fumi in atmosfera. Inoltre, sulla base della normativa vigente, la realizzazione di un comignolo dovrebbe prevedere la dispersione dei fumi di combustione anche in condizioni atmosferiche avverse, essere costruito in modo tale che lo scarico dei fumi sia assicurato anche in caso di variazione della direzione dei venti ed impedire la deposizione di corpi estranei (come ad esempio nidi).

L'altezza dei comignoli e la distanza dalle abitazioni viene presa in considerazione dai Regolamenti d'Igiene dei singoli Comuni. Talvolta questo aspetto però risulta limitato dal fatto che alcuni Comuni presentano un Regolamento "in itinere" e quindi non sempre applicabile. Ad ogni modo è opportuno rispettare la regola che il comignolo sia alto almeno 1 metro oltre il colmo del tetto (incrementabile fino a massimo 5 metri) e distante un raggio di 10 metri rispetto alle strutture abitative.

Le cucine delle ristorazioni o delle produzioni alimentari dovrebbero disporre di cappa aspirante con filtri coerenti con le caratteristiche degli alimenti cucinati per l'abbattimento degli odori. Particolare attenzione deve essere posta in contesti residenziali e centri storici.

I fattori strutturali che influenzano il controllo degli odori provenienti dalle attività di cottura includono:

- dimensione della cucina: ciò influenza l'intensità dell'odore e la ventilazione necessaria;
- caratteristiche della cappa di aspirazione;
- presenza di un sistema di depurazione dei fumi;
- condotto di evacuazione fumi;
- altezza e struttura del comignolo.

## **CATEGORIA: Ventilazione**

CRITERIO: Ventilazione e qualità dell'aria

### **INQUADRAMENTO SANITARIO E AMBIENTALE**

Con la definizione “qualità dell'aria indoor – IAQ” si fa in genere riferimento all'aria presente in ambienti di vita e di lavoro non industriali, ovvero quelli in cui non avviene alcun processo produttivo che possa giustificare la presenza di sostanze nocive. Rientrano in questa tipologia ambienti di lavoro come ad esempio: uffici, call center, scuole, strutture ricettive, strutture sanitarie, ecc. Nel corso degli anni si è sviluppato un interesse crescente nei confronti della IAQ, in particolare nei paesi più sviluppati a causa dell'incremento negli anni del numero di lavoratori. Nei paesi più industrializzati le persone trascorrono gran parte del loro tempo, anche oltre l'80%, in ambienti chiusi. Contestualmente è maturata la consapevolezza che l'aria indoor è tendenzialmente peggiore di quella esterna in quanto la maggioranza degli inquinanti aerodispersi di origine chimica, fisica e biologica, sono presenti in concentrazioni uguali o maggiori rispetto a quelle riscontrabili in ambiente esterno. Azioni di tipo politico, del tutto legittime e meritorie volte a massimizzare il risparmio energetico, hanno inoltre favorito scelte costruttive nell'ottica di rendere gli edifici più “isolati” riducendo gli scambi termici verso l'esterno e di conseguenza anche il ricambio dell'aria.

La necessità di tutelare la salute umana ha focalizzato una maggiore attenzione al tema della qualità dell'aria indoor e ad una regolamentazione mirata [1]. Indipendentemente dagli aspetti sanitari la qualità dell'aria indoor ha influenza sulle prestazioni lavorative (produttività, concentrazione, attività cognitive, ecc.) con relativo impatto, ormai noto e assodato, sui costi socioeconomici a carico del Servizio Sanitario e del sistema produttivo.

### **Effetti sulla salute**

Gli effetti sanitari correlati all'alterazione della **qualità dell'aria indoor (IAQ)** costituiscono un fenomeno complesso, perché legati a diversi fattori ambientali e individuali, tra cui:

1. tipologia e concentrazione dell'inquinante;
2. presenza di sinergie con altri inquinanti;
3. tempo di esposizione;
4. parametri microclimatici e suscettibilità delle persone esposte.

Gli effetti possono essere acuti, a breve termine, o cronici a lungo termine.

Gli **effetti a breve termine** possono presentarsi dopo una singola esposizione o dopo esposizioni ripetute a un singolo inquinante (o miscele di inquinanti), anche a basse concentrazioni. Generalmente la sintomatologia dura poco tempo e scompare con l'eliminazione della fonte di inquinamento (quando è possibile identificarla). Effetti acuti possono verificarsi in seguito all'esposizione di breve durata a elevate concentrazioni di uno o più inquinanti tossici (ad esempio monossido di carbonio, CO), come nel caso di incidenti dovuti a fughe di gas.

Gli **effetti a lungo termine** (effetti cronici) si manifestano dopo una esposizione prolungata a livelli di concentrazione anche lievi o dopo esposizioni ripetute. Possono manifestarsi anche dopo anni dall'esposizione. Numerose evidenze dimostrano che l'inquinamento dell'aria indoor può rappresentare un importante cofattore nella genesi delle malattie cardiovascolari e di altre malattie sistemiche e alcuni inquinanti indoor possono contribuire all'aggravamento di patologie preesistenti.

Nel complesso gli effetti sulla salute associati ad una cattiva IAQ possono essere classificati in:

1. Malattie associate agli edifici (Building-Related Illness-BRI). Le BRI sono chiaramente definite dal punto di vista clinico e correlabili all'esposizione di uno specifico agente causale di natura chimica fisica o biologica, introdotto dall'uomo e dalle sue attività e/o presente nei materiali che costituiscono l'ambiente. La patogenesi è di tipo allergico o tossico-infettivo e sono comprese patologie specifiche quali legionellosi, asma bronchiale, infezioni da virus e funghi, ecc. Le BRI sono ca-

ratterizzate da una bassa incidenza ma al contrario della SBS non si risolvono con l'allontanamento dall'edificio ma sono necessarie terapie mediche;

2. **Sindrome dell'edificio malato (*Sick Building Syndrome*)**. La SBS riconosciuta dall'Organizzazione Mondiale della Sanità già negli anni 80 si è diffusa nei paesi più industrializzati e si riferisce ad un complesso quadro sintomatologico che riguarda diversi organi ed apparati. Generalmente interessa soggetti che lavorano in edifici ventilati artificialmente presentando sintomi aspecifici acuti ripetitivi e non correlabili ad un preciso agente contaminante. La malattia provoca effetti neurosensoriali che determinano cefalea, astenia, nausea e frequentemente anche sintomi irritativi agli occhi, vie aeree e cute. La malattia spesso regredisce e scompare con l'allontanamento dall'ambiente in cui si è manifestata;

3. **Sindrome da sensibilità chimica multipla (Multiple Chemical Sensitivity syndrome-MCS o Intolleranza Idiopatica Ambientale ad Agenti Chimici-IIAAC)**. La MCS è un disturbo cronico, reattivo all'esposizione a sostanze chimiche, a livelli inferiori a quelli generalmente tollerati da altri individui. La reale esistenza e definizione di questa sindrome è oggetto di dibattito a livello scientifico. Il quadro sintomatologico, che tende a regredire a seguito della rimozione dell'agente chimico implicato, comprende numerosi disturbi aspecifici a carico di più organi. Il quadro può presentare vari livelli di severità da malessere o discomfort fino a una grave compromissione della qualità di vita. La sindrome potrebbe essere legata a una condizione di suscettibilità individuale, piuttosto che alla tossicità delle sostanze [2].

### **Gruppi a rischio**

Alcuni individui si presentano particolarmente sensibili all'effetto degli inquinanti. I gruppi di persone che hanno questa particolare sensibilità alle sostanze tossiche sono definiti **sottopopolazioni suscettibili**, in quanto per loro il rischio espositivo risulta maggiore rispetto al resto della popolazione. Subiscono effetti sulla salute a concentrazioni degli inquinanti relativamente basse o manifestano risposte più gravi rispetto a quelle manifestate dalla popolazione generale. **I gruppi più a rischio** per esposizioni a inquinamento indoor sono: bambini, anziani e persone con patologie croniche (malattie cardiache e respiratorie), malattie del sistema immunitario e le persone a basso reddito. In alcuni casi le sottopopolazioni suscettibili risultano anche le più esposte alle sostanze tossiche. Per esempio, i bambini, gli anziani i malati cronici passano molto tempo negli ambienti confinati e quindi, oltre ad essere più sensibili sono anche più esposti ai rischi presenti in questi ambienti.

Nei ceti più elevati una migliore consapevolezza del problema dell'inquinamento indoor e un più facile accesso all'informazione e al trattamento medico possono agire come fattori protettivi.

### **APPROFONDIMENTI E INFORMAZIONI UTILI**

L'aria in ambiente confinato è caratterizzata dalla presenza di molteplici sostanze inquinanti in parte provenienti dall'esterno ma in maggioranza prodotte all'interno da svariate sorgenti. L'introduzione di nuovi materiali da costruzione, per i rivestimenti, per l'isolamento acustico e termico ha giocato un ruolo determinante nell'insorgere dei problemi di qualità dell'aria indoor.

La stragrande maggioranza dei materiali utilizzati nell'edilizia e nell'arredamento presenta effetti inquinanti più o meno marcati.

È noto come una scorretta gestione e manutenzione degli impianti di ventilazione possa trasformarli in terreno di coltura e/o veicolo per microrganismi e sostanze inquinanti.

Le attività degli occupanti e le condizioni igieniche ricoprono un ruolo importante in quanto l'attività, la polvere, l'uso di prodotti per la pulizia e le emissioni biologiche costituiscono fattori inquinanti molto comuni.

L'inquinamento indoor si presenta quindi, per l'elevato numero di sorgenti di emissione presenti in spazi ristretti, come una forma di inquinamento molto complessa e di difficile controllo. In tabella 1

si riporta un elenco non esaustivo dei principali inquinanti indoor [3].

INQUINANTI	FONTI
Particolato aerodisperso inalabile.	Fonti combustione, attività degli occupanti, aria esterna.
Amianto, fibre minerali sintetiche.	Materiali da costruzione, isolanti termici o acustici.
Composti organici volatili (COV o VOC).	Componenti per l'arredamento, fumo, prodotti per la pulizia, isolanti.
Formaldeide.	Componenti per l'arredamento, tessuti, rivestimenti, collanti, solventi.
Anidride carbonica CO <sub>2</sub> .	Occupanti e relativa attività (respirazione), combustioni,
Ossido di carbonio CO.	Sistemi di riscaldamento e cottura, aria esterna.
Inquinanti microbiologici.	Bioeffluenti, animali, impianti di condizionamento, aria esterna, piante.
Radon.	Suolo, acqua, materiali da costruzione.

**Tabella 1 – Principali inquinanti indoor e relative fonti**

### Quadro legislativo di riferimento

Nella legislazione italiana non c'è un riferimento specifico relativo alla IAQ. Tuttavia è presente un consistente numero di fonti bibliografiche tra cui, ad esempio, le Linee Guida del Coordinamento Tecnico delle Regioni [3] che affrontano il tema della qualità dell'aria e dell'aerazione degli ambienti di lavoro, introducendo relativi requisiti di accettabilità. Il documento raccoglie e raccorda un consistente numero di testi legislativi e normativi relativi alle diversificate destinazioni d'uso e tipologie di ambienti di lavoro. Trattandosi di una pubblicazione del 2006, sebbene rimanga tuttora un testo di riferimento le cui indicazioni sono ampiamente applicabili in ambito igienistico, è stato nel tempo, relativamente ad alcune tematiche, soggetto ad un progressivo processo di invecchiamento.

Il tema della qualità dell'aria indoor è un argomento di attualità per il quale si è sviluppata un'attenzione crescente nel corso degli anni. Il WHO ha predisposto delle linee guida [4] relative ad un certo numero di inquinanti presenti negli ambienti interni, per i quali si hanno a disposizione adeguate conoscenze scientifiche relative agli effetti sull'uomo.

In ambito comunitario, in diversi paesi, sono stati istituiti gruppi di lavoro con il compito di elaborare metodologie e valori guida per la valutazione della qualità dell'aria indoor. In Italia l'Istituto Superiore della Sanità si occupa da tempo di inquinamento indoor con la produzione di diversi lavori sul tema; si rimanda ai riferimenti bibliografici per approfondimenti [5].

In merito ai requisiti della qualità dell'aria negli ambienti di lavoro di tipo non industriale il D.Lgs. 81/08 interviene nell'Allegato IV "Requisiti dei luoghi di lavoro" al punto 1.9.1.1 in cui è riportata la seguente prescrizione: *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 ottenuta preferenzialmente con aperture naturali e quando ciò non sia possibile, con impianti di aerazione.*

Il legislatore non definisce indici descrittivi o sostanze inquinanti di riferimento e nemmeno valori limite, demandando di fatto l'individuazione di tali parametri alla normativa tecnica e fonti di letteratura. Si osserva che i valori limite di esposizione professionale presenti nel D.Lgs.81/08 (allegati XXXVIII, XLI, XLIII) o i valori limite di soglia (TLV) dell'ACGIH non sono riferimenti superati in questo contesto in quanto non pertinenti con esposizioni in ambienti di tipo industriale.

### Indicatori di accettabilità

La soluzione per ridurre i livelli di inquinamento indoor è di predisporre un efficace ricambio dell'aria nei locali, introducendo aria salubre di rinnovo in quantità sufficiente. Tale obiettivo è perseguibile mediante aerazione naturale oppure introducendo aria in modo forzato mediante l'utilizzo di impianti di ventilazione. Le valutazioni dovrebbero essere opportunamente correlate

alla complessità strutturale e organizzativa degli ambienti di lavoro in questione, tuttavia si può tranquillamente affermare che la prima soluzione comporta frequentemente problematiche gestionali che condizionano negativamente il benessere microclimatico degli occupanti. La soluzione di tipo meccanico può essere considerata in linea teorica come la più affidabile. Gli impianti devono però essere progettati, controllati e gestiti correttamente in quanto, come già detto, potrebbero diventare essi stessi sorgenti di inquinamento diffondendo inquinanti interni e/o esterni. Al fine di stabilire un certo livello di salubrità dell'aria devono essere individuati gli inquinanti e gli indicatori attraverso i quali attuare il processo di valutazione.

Temperatura e umidità possono avere un'incidenza non trascurabile sull'accettabilità della qualità dell'aria [6], ad esempio hanno una marcata incidenza sulla sensibilità olfattiva [7] e influiscono sui processi di assorbimento e rilascio delle sostanze volatili da parte dei materiali presenti nell'ambiente. L'umidità riveste un'importanza rilevante per aspetti ambientali di carattere igienico-sanitario e di accettabilità dell'aria indoor. Valori elevati favoriscono la proliferazione di batteri e acari e la formazione di muffe nei punti freddi dell'ambiente che, oltre al rilascio di sgradevoli odori, creano una situazione ambientale insalubre incrementando il rischio di sviluppare reazioni allergiche, provocare irritazioni alle mucose bronchiali, disturbi e infezioni alle vie respiratorie.

Al contrario in ambienti con valori molto bassi di umidità si possono osservare disturbi a carico degli occhi quali bruciore, irritazione, prurito e a carico delle prime vie aeree con intensa evaporazione delle mucose bronchiali e quindi secchezza nelle vie respiratorie e diminuzione delle difese da germi e batteri.

L'intervallo di accettabilità dell'umidità relativa comunemente indicato da riferimenti tecnici, normativi e scientifici [3, 8, 9] è compreso tra il 30% e il 70%, con valori ottimali tra il 40% e il 60%. Allo scopo di stabilire il livello di salubrità dell'aria in fase previsionale in un determinato ambiente di lavoro devono essere in primo luogo individuati gli indicatori in funzione dei quali effettuare la valutazione.

Un indicatore indiretto è rappresentato dalla quantità d'aria di rinnovo che deve essere immessa in relazione alla destinazione d'uso dell'ambiente lavorativo. Tale processo valutativo rappresenta un approccio di tipo prescrittivo. In presenza di impianti di ventilazione si determinano i valori di portata o il numero di ricambi/ora facendo riferimento a valori minimi normativi fissati in relazione all'ambiente in esame. Le portate vengono quindi normalizzate rispetto al volume, alla superficie o al numero di occupanti previsti. Tale valutazione è stata oggetto della scheda "D.2.5 – Ventilazione e qualità dell'aria" contenuta nel presente lavoro.

La verifica delle portate d'aria d'immissione è un requisito necessario da rispettare ma che potrebbe risultare non completamente adeguato, soprattutto in fase di verifica.

Data la grande varietà delle sostanze inquinanti potenzialmente presenti in un ambiente confinato, l'ideale sarebbe poter disporre di un indicatore sintetico di qualità a cui riferirsi. Dal momento che consideriamo "ambienti indoor" definiti, come detto in precedenza, luoghi in cui non sono presenti sostanze pericolose derivanti da lavorazioni particolari e processi in genere, possiamo a priori individuare uno specifico gruppo di sostanze inquinanti: composti organici volatili (COV o VOC dall'acronimo inglese), formaldeide (non compreso nei VOC), polveri aerodisperse e anidride carbonica (CO<sub>2</sub>).

In effetti negli ambienti antropizzati si tende comunemente ad identificare con i bioeffluenti l'insieme di sostanze che si ritiene essere la principale sorgente di disagio. La concentrazione di CO<sub>2</sub> viene considerata un efficace descrittore di sintesi dell'inquinamento indoor in quanto ottimamente correlato alla percentuale di insoddisfatti degli occupanti di un ambiente.

Lo Standard ASHRAE 62.1 - "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality" [10], per livelli di attività leggera prevalentemente sedentaria, (associabili ad un dispendio metabolico di circa 1,2 met -  $\cong 70$  W/m<sup>2</sup>), stabilisce un valore limite per l'accettabilità della qualità dell'aria indoor pari ad una differenza fra concentrazione di CO<sub>2</sub> interna e CO<sub>2</sub> esterna di 700 ppm, correlabile all'immissione di una portata d'aria di rinnovo pari a circa 7,5 l/s a persona. Studi in laboratorio e in campo hanno mostrato come tali condizioni di ventilazione siano ritenute soddisfacenti dalla maggioranza delle

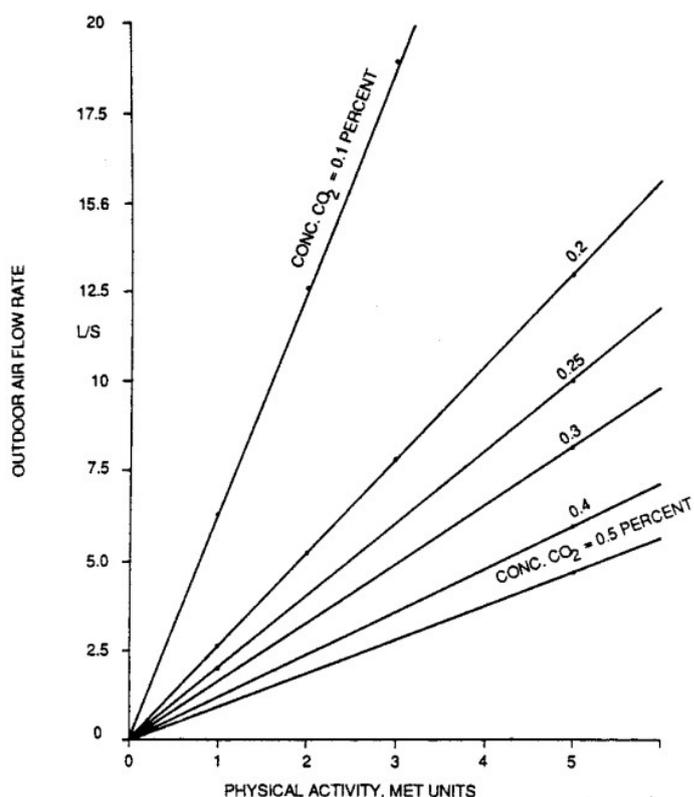
persone presenti, determinando una percentuale di insoddisfatti pari al 20%. Considerando che la concentrazione di CO<sub>2</sub> esterna può avere valori compresi tra 300 ppm e 500 ppm, ne consegue che le concentrazioni indoor ritenute accettabili dovranno essere comprese tra 1000 ppm e 1200 ppm.

In figura 1 [10] è indicata la portata d'aria esterna di rinnovo necessaria in funzione dell'attività nell'ambiente in esame, espressa in termini di dispendio metabolico, per mantenere la concentrazione di CO<sub>2</sub> interna ad un livello predefinito costante (rappresentato dalle rette in cui si assume una concentrazione di fondo pari 300ppm).

La norma UNI EN 16798-1 [9] indica dei valori di riferimento per la IAQ in termini di concentrazione di CO<sub>2</sub>. I livelli di CO<sub>2</sub> sono espressi in termini differenziali ( $\Delta\text{CO}_2$ ) ovvero come differenza tra la concentrazione interna e la concentrazione di fondo presente nell'aria esterna. La norma definisce quattro intervalli di concentrazioni differenziali di CO<sub>2</sub>, che corrispondono ad altrettante categorie di qualità crescente per l'aria indoor. I valori di riferimento sono riportati in tabella 2.

CATEGORIA	$\Delta\text{CO}_2$ [ppm]
I	350
II	500
III	800
IV	>800

**Tabella 2. Concentrazioni raccomandate di CO<sub>2</sub> al di sopra della concentrazione di fondo ambientale, secondo la UNI EN 15251**



**Figura 1. Requisiti per la ventilazione in funzione dell'attività**

I criteri secondo i quali associare un determinato ambiente di lavoro ad una classe di riferimento non sono noti. In letteratura [10] è presente un metodo di calcolo, al momento non recepito in ambito normativo, che individua la classe di appartenenza di un ambiente e quindi la relativa concentrazione di riferimento in funzione di tre parametri, secondo una correlazione “soggetto-attività-edificio”, ovvero: sensibilità degli occupanti, accuratezza richiesta per il compito lavorativo,

accessibilità in termini di installazione e manipolazione impiantistica dell'ambiente. Per approfondimenti si rimanda a riferimenti bibliografici.

Mediante un approccio di tipo prestazionale si determina una portata d'aria di ricambio tale da diluire in modo adeguato gli inquinanti presenti in ambiente, mantenendoli a valori di concentrazioni inferiori a prefissati valori di riferimento.

In questo caso è necessario impostare un'equazione di bilancio di massa. Dato un generico inquinante "i" prodotto nell'ambiente in esame, la portata d'aria esterna necessaria per diluirlo, mantenendo una concentrazione interna costante, può essere calcolata, nell'ipotesi di costanza dell'emissione, con la seguente relazione:

$$Q = \frac{q_i}{C_i - C_{i,e}} \quad (1)$$

dove: Q è la portata d'aria esterna necessaria alla diluizione,  $q_i$  è la produzione del contaminante "i" in ambiente,  $C_i$  è la concentrazione prefissata dell'inquinante "i" in ambiente,  $C_{i,e}$  è la concentrazione del contaminante "i" nell'aria esterna. Si evince che in questo caso la ventilazione risulta efficace ai fini della diluizione del contaminante solo se la sua concentrazione nell'aria esterna è minore di quella che si vuole ottenere all'interno.

Con l'equazione (1) può essere calcolata la portata di ventilazione per ogni inquinante potenzialmente presente all'interno dell'ambiente in esame e poi adottare a scopo cautelativo quella massima fra quelle ottenute per i singoli inquinanti.

### **Ventilazione e problematiche correlate**

Il compito principale della ventilazione è di immettere aria sufficiente all'interno di un ambiente confinato al fine di garantire prefissati standard qualitativi. Con un approccio prescrittivo si fa riferimento al valore della portata d'aria di rinnovo, con l'approccio prestazionale è necessario conoscere la portata del contaminante e il livello di concentrazione che si desidera mantenere. Il metodo prescrittivo è quello più utilizzato in quanto si basa su valori riportati dalla normativa di riferimento che vengono pertanto utilizzati in fase di progettazione.

Nell'eliminare i contaminanti ambientali mediante un efficace ricambio d'aria si deve tuttavia tenere conto di molteplici aspetti al fine di non compromettere il benessere degli occupanti alterando altri fattori ambientali.

Importante è, ad esempio, stabilire l'entità della portata d'aria ma prevedere come questa verrà distribuita all'interno dell'ambiente al fine di evitare flussi d'aria sgradevoli. Si dovrà agire sulla velocità di immissione al fine di evitare rischi da correnti d'aria nello spazio occupato [13]. Non esiste un valore univoco della velocità dell'aria adatto a garantire il benessere. Il rischio da correnti d'aria è stimato attraverso l'indice DR (Draught Rate) [14] corrispondente alla percentuale di soggetti disturbati. Esso è definito dalla seguente relazione:

$$DR = (34 - t_{a,l}) \times (v_{a,l} - 0,05)^{0,62} \times (0,37v_{a,l} Tu + 3,14) \quad (2)$$

L'indice DR (valore massimo ammesso 30%, raccomandato 15%) come si vede dalla (2) dipende da più parametri:

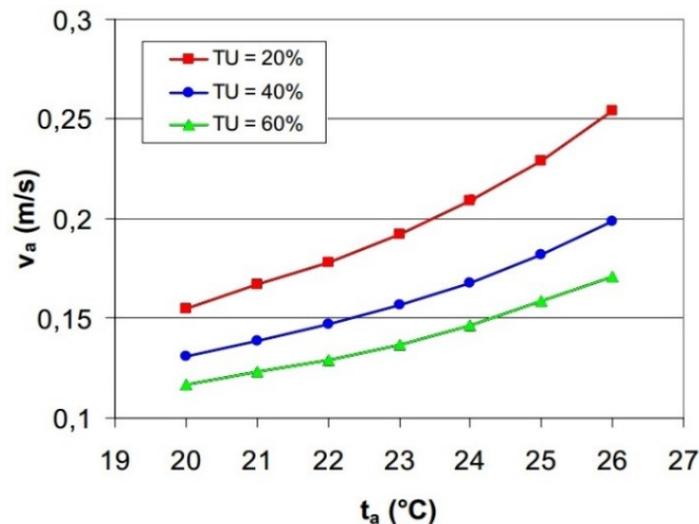
$t_{a,l}$ : temperatura locale dell'aria [°C];

$v_{a,l}$ : velocità media locale dell'aria [m/s];

Tu: turbolenza locale [%], rapporto tra deviazione standard e velocità media.

Il modello fornisce previsioni affidabili per soggetti che svolgono attività lavorativa leggera e per

correnti che impattano la zona testa-collo. Come è noto la sensazione di corrente d'aria è inferiore a livello delle braccia o gambe e in generale per attività più elevate di quella sedentaria (>1,2met). In figura 2 è mostrato l'andamento della velocità dell'aria massima accettabile in funzione della temperatura dell'aria e della variabilità del flusso (Tu%) [3].



**Figura 2. Valori limite della velocità dell'aria per l'accettabilità delle correnti d'aria**

Il sistema di distribuzione deve diffondere uniformemente l'aria nel volume occupato e deve miscelarsi in modo omogeneo con quella presente. La qualità dell'aria in un'ambiente va valutata anche in funzione della sua omogeneità che deve risultare massima nella zona occupata. L'efficienza di ventilazione definisce quanto più veloce venga rimosso un inquinante dall'ambiente in modo uniforme. L'efficienza di ventilazione viene definita quantitativamente dal rapporto tra la concentrazione degli inquinanti nella zona di estrazione ( $C_{ex}$ ) e nella zona occupata ( $C_{in}$ ), al netto della concentrazione nell'aria esterna ( $C_{out}$ ):

$$\varepsilon_v = \frac{C_{ex} - C_{out}}{C_{in} - C_{out}} \quad (3)$$

Se  $\varepsilon_v$  è pari ad 1 l'aria e gli inquinanti sono perfettamente miscelati (miscelazione perfetta). Se  $\varepsilon_v > 1$  la qualità dell'aria nella zona di respirazione risulta migliore di quella nella zona di estrazione. Se  $\varepsilon_v < 1$  la concentrazione dell'inquinante è maggiore nella zona di respirazione ed occorre pertanto un incremento della portata di ricambio.

Occorre dunque valutare correttamente in fase preventiva la collocazione delle bocchette di immissione ed estrazione dell'aria, prevedendo i flussi d'aria e ottimizzando la miscelazione, per ottenere un ambiente confortevole.

Tra le principali strategie di ventilazione vi sono: ventilazione a miscelazione (figura 3), ventilazione a dislocamento (figura 4), ventilazione a flusso unidirezionale (effetto pistone), (figura 5).

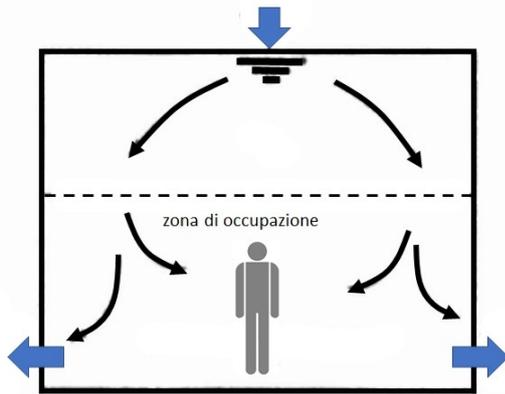


Figura 3. Sistema a miscelazione

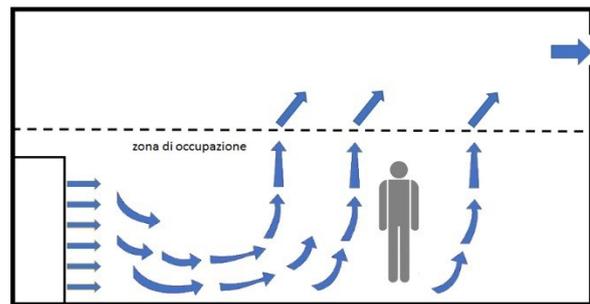


Figura 4. Sistema a dislocazione



Figura 5. Sistema flusso unidirezionale

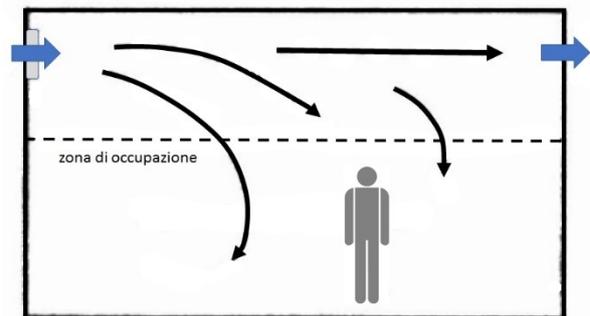


Figura 6. Sistema con corto circuito

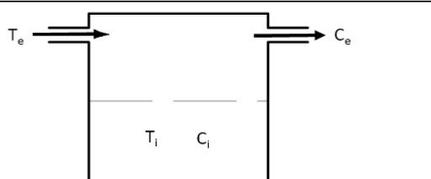
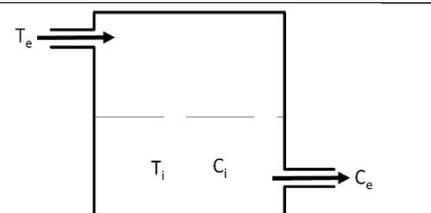
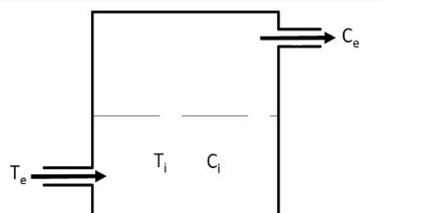
Il sistema di ventilazione a miscelazione consiste nella miscelazione tra aria primaria (immessa dalla bocchetta) e aria secondaria (presente nell'ambiente). Viene utilizzata per omogeneizzare la temperatura dell'aria e la concentrazione di inquinante. Il getto determina il movimento dell'aria che pertanto diventa l'elemento principale della progettazione congiuntamente alla tipologia del terminale di diffusione. Tra le problematiche che possono insorgere vi sono senz'altro il rischio da correnti d'aria nello spazio occupato, la formazione di corto circuiti tra immissione ed estrazione e la formazione di zone con aria stagnante.

Il sistema di ventilazione a dislocamento (sviluppato in origine nel Nord Europa per ambienti industriali) consiste nell'emissione dal basso di un flusso d'aria ad una temperatura inferiore rispetto a quella dell'ambiente. L'aria immessa non si miscela con quella presente in ambiente bensì la solleva con continuità e la trasporta verso l'alto dove viene espulsa dai terminali di ripresa presenti. Questa ventilazione si fonda sulla presenza di differenze verticali di temperatura e di contaminante in ambiente. Tramite questo sistema si riesce ad ottenere un elevato grado di qualità dell'aria nella zona occupata. Tra le problematiche che possono insorgere vi sono la presenza di eccessivi gradienti verticali di temperatura, correnti d'aria localizzate, aria fredda nella zona pavimento-caviglie.

Nel sistema di ventilazione a flusso unidirezionale l'aria procede "a pistone" da un lato all'altro dell'ambiente, per cui la concentrazione dell'inquinante di riferimento aumenta gradualmente e raggiunge il suo massimo in corrispondenza delle bocchette di estrazione. In questo caso l'efficienza di ricambio dell'aria può raggiungere il limite massimo del 100%. Tale sistema è particolarmente impiegato in ambienti in cui si devono raggiungere livelli molto spinti di qualità dell'aria, come ad esempio nel settore ospedaliero (sale operatorie, degenze post-intervento, reparti infettivi ecc.) e in generale in settori produttivi dove vi è l'esigenza di "lavare" tutto l'ambiente ed è richiesta una elevata efficienza di ricambio dell'aria e rimozione degli inquinanti. La condizione da scongiurare è la formazione di corto circuiti dell'aria di mandata verso la ripresa (figura 6), che può ridurre drasticamente l'efficienza di ventilazione. La qualità dell'aria dovrebbe risultare massima

nella zona in cui sono presenti gli occupanti (zona di occupazione/zona di respirazione).

In tabella 3 sono riportati alcuni esempi (non esaustivi) dei valori raggiungibili di efficienza di ventilazione per differenti condizioni e tipologie di ventilazione.

Sistema di ventilazione	Differenza di temperatura tra l'aria esterna immessa e l'aria interna ( $T_e - T_i$ ) °C	Efficienza di ventilazione
	$< 0$ $0 \div 2$ $2 \div 5$ $> 5$	$0,9 \div 1,0$ $0,9$ $0,8$ $0,4 \div 0,7$
	$> 0$ $0 \div -5$ $< -5$	$1,0$ $0,9 \div 1,0$ $1,0$
	$< 0$ $0 \div 2$ $> 2$	$1,2 \div 1,4$ $0,7 \div 0,9$ $0,2 \div 0,7$

**Tabella 3. Valori di efficienza di ventilazione per differenti condizioni e tipologie di ventilazione**

La qualità dell'aria in termini di concentrazione dell'agente inquinante dipende da diversi fattori: tasso di produzione dell'inquinante, portata d'aria, distribuzione dell'inquinante all'interno dell'ambiente, distribuzione dell'aria all'interno dell'ambiente, temperatura dell'aria di ricambio rispetto alla temperatura ambiente, posizione delle bocchette di mandata e ripresa.

Gli impianti di aerazione come detto possono diventare essi stessi una sorgente inaspettata di inquinamento indoor. In fase di esercizio devono essere effettuate opportune attività periodiche di controllo, manutenzione e pulizia. Dalla messa in funzione l'impianto deve essere controllato in tutte le sue componenti. Gli impianti necessitano infatti di una regolare attività di manutenzione programmata nel tempo che possa garantire sia il corretto funzionamento ed efficacia sia condizioni igieniche accettabili evitando il verificarsi di condizioni igienicamente scadenti come quelle riportate negli esempi di figura 7.



**Figura 7. Alcuni esempi di scarse condizioni igieniche alle bocchette e nelle condotte di impianti di ventilazione**

Le attività di manutenzione possono essere effettuate anche secondo procedure riportate in documenti di riferimento [15, 16].

Le fasi di progettazione sono fondamentali per realizzare impianti efficienti e predisporre, al fine di favorire il corretto mantenimento dell'impianto in fase di esercizio, quegli accorgimenti e requisiti di buona tecnica necessari secondo quanto previsto dalla normativa e letteratura di riferimento [17]. In figura 8 sono riportati alcuni esempi di portine e sistemi di accesso e ispezione che dovrebbero essere presenti lungo le condotte degli impianti.



**Figura 8. Sportelli e punti di ispezione lungo le canalizzazioni**

### **QUALITÀ DELL'ARIA INDOOR E COVID-19**

L'attenzione alla qualità dell'aria indoor negli ambienti di lavoro non è certo un problema recente. Il quadro emergenziale che si è determinato con la diffusione del virus SARS-CoV-2 e, successivamente delle sue varianti, oltre ad accrescere la consapevolezza dell'importanza della tutela della salute e della qualità del lavoro negli spazi confinati, ha evidenziato le criticità relative ai rischi biologici e agli sforzi per prevenirli.

I risultati di diversi studi dimostrano che esiste una significativa possibilità di trasmissione per via aerea del virus SARS-CoV-2 negli ambienti indoor, infatti, le particelle (goccioline e aerosol) di diverse dimensioni vengono trasportate in modo diverso dal flusso d'aria, cambiando dimensioni e

composizione a seconda delle condizioni microclimatiche ambientali. Il rischio di contrarre l'infezione da COVID-19 aumenta in ambienti affollati e scarsamente ventilati, dove gli aerosol possono rimanere sospesi nell'aria o viaggiare oltre la distanza di conversazione. Si ricorda che secondo i CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) la “stretta prossimità” fra contatti è da intendersi indicativamente come una distanza entro i 2 metri.

Sulla base di questi risultati è necessario valutare l'impatto di diversi parametri prendendo in considerazione alcune strategie per migliorare la qualità dell'aria negli ambienti chiusi, come perfezionare la ventilazione di edifici o stanze, soprattutto nelle strutture socio sanitarie e nei luoghi affollati. L'osservanza di raccomandazioni associate alla ventilazione e ad altre misure come le operazioni di sanificazione, non solo di superfici ma anche degli impianti di condizionamento, potrebbe essere utile per ridurre le concentrazioni ambientali generali di bioaerosol nell'aria e, infine, ridurre la diffusione di SARS-CoV-2 attraverso le vie respiratorie.

Da gennaio 2020, l'OMS ha fornito raccomandazioni sulla ventilazione e nel giugno 2020 ha contribuito alle linee guida sui sistemi di ventilazione e condizionamento dell'aria nel contesto di COVID-19, disponibili al link: <https://ghhin.org/faq/do-air-conditioning-and-ventilation-systems-increase-the-risk-of-virus-transmission-if-so-how-can-this-be-managed/>

Gli esperti dell'OMS hanno continuato a lavorare per migliorare le indicazioni sulla ventilazione in una serie di guide tecniche per diversi ambienti. Inoltre, nel marzo 2021, l'OMS ha pubblicato una *roadmap* per migliorare la ventilazione in vari contesti.

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240021280>

L'Istituto Superiore della Sanità (ISS) attraverso le informazioni contenute nei rapporti ISS COVID-19 n. 11 e 12 del 2021 fornisce una serie di raccomandazioni da seguire sia negli ambienti domestici che lavorativi rappresentando così, un punto fondamentale per comprendere e gestire la questione pandemica negli ambienti indoor, con particolare attenzione agli impianti di condizionamento:

[https://www.iss.it/documents/20126/0/Rapporto+ISS+COVID-19+11\\_2021.pdf/3f0cd575-f744-9907-c8e4-5ab5f01d5c61?t=1622462865916](https://www.iss.it/documents/20126/0/Rapporto+ISS+COVID-19+11_2021.pdf/3f0cd575-f744-9907-c8e4-5ab5f01d5c61?t=1622462865916)

[https://www.iss.it/documents/20126/0/Rapporto+ISS+COVID-19+12\\_2021.pdf/4eeb2ce8-648d-b045-4a8c-5dfe1fc7b56a?t=1622463358049](https://www.iss.it/documents/20126/0/Rapporto+ISS+COVID-19+12_2021.pdf/4eeb2ce8-648d-b045-4a8c-5dfe1fc7b56a?t=1622463358049)

Si ricorda che la pandemia di Sars-CoV-2 e le attuali conoscenze relative a questo virus e alle sue varianti, sono in continua evoluzione, richiedendo, di conseguenza, un continuo adeguamento delle azioni di cura e prevenzione. Si raccomanda dunque di consultare fonti autorevoli ed informazioni *evidence-based* per restare aggiornati.

### **Bibliografia di riferimento**

- [1] G. Settimo “La qualità dell'aria indoor e le attività del Gruppo di Studio Nazionale (GdS) Inquinamento Indoor dell'Istituto Superiore di Sanità”. Atti del 25° Convegno di Igiene Industriale – Corvara (BZ), 27 – 29 marzo 2019
- [2] [www.salute.gov.it](http://www.salute.gov.it)
- [3] Coordinamento delle Regioni e delle Province Autonome + ISPESL. Linee Guida. Microclima, aerazione e illuminazione nei luoghi di lavoro. Requisiti standard. Indicazioni operative e progettuali. 2006
- [4] World Health Organization. Guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen: WHO; 2010
- [5] <http://old.iss.it/publ/?tipo=5#>
- [6] A. Santarsiero, L. Musmeci, A. Ricci, S. Corasaniti, P. Coppa, G. Bovesecchi, R. Merluzzi, S. Fuselli – Gruppo di studio sull'inquinamento Indoor. “Parametri microclimatici e inquinamento indoor.” Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2015. (Rapporti ISTISAN 15/25)

- [7] P. Lenzuni, P. Capone, D. Freda,. “La qualità dell’aria in ambienti antropizzati – l’effetto dei parametri termo-igrometrici”. *Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene* – vol. 3 – n. 3 –2012
- [8] Norma UNI 10339:1995 - “Impianti aeraulici a fini di benessere – Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d’offerta, l’offerta, l’ordine e la fornitura”
- [9] - UNI EN 16798-1:2019 – Prestazione energetica degli edifici – Ventilazione per gli edifici – Parte 1: Parametri di ingresso dell’ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell’aria interna, all’ambiente termico, all’illuminazione e all’acustica
- [10] ANSI/ASHRAE Standard 62.1 – 2013 “Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality”
- [11] M. del Gaudio, D. Freda, P. Lenzuni. “La qualità dell’aria in ambienti antropizzati – descrittore e valori limite”. *Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene* – vol. 1 – n. 1 –2010
- [12] ASHRAE. *Fundamentals Handbook*. Atlanta: GA, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.; 2013
- [13] Norma UNI EN 15726, “Ventilazione degli edifici – Diffusione dell’aria. Misurazioni nella zona occupata di locali climatizzati/ventilati per valutare le condizioni termiche ed acustiche”
- [14] UNI EN ISO 7730:2006 – 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
- [15] “Procedura operativa per la valutazione e gestione dei rischi correlati all’igiene degli impianti di trattamento aria”. Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni e le province autonome di Trento e Bolzano. Seduta del 7 febbraio 2013, rep. atti n.55/CSR
- [16] “Linee guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione”. Ministero della Salute. GU n.256, 2006
- [17] UNI EN 12097:2007 – Ventilazione degli edifici. Rete delle condotte. Requisiti relativi ai componenti atti a facilitare la manutenzione delle reti delle condotte
- [18] prUNI 10339:2016 - Impianti aeraulici per la climatizzazione. Classificazione, prescrizione e requisiti prestazionali per la progettazione e la fornitura
- [19] CEN/TR 16798-2:2019. Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 2: Interpretation of the requirements in EN 16798-1 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics (Module M1-6)
- [20] UNI EN 16798-3:2018. Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 3: Per gli edifici non residenziali - Requisiti prestazionali per i sistemi di ventilazione e di condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)
- [21] UNI CEN/TR 16798-4:2018. Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 4: Interpretazione dei requisiti nella EN 16798-3 - per gli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e condizionamento degli ambienti (Moduli M5-1, M5-4)

### **Bibliografia e Sitografia qualità dell’aria indoor e Covid**

- Agarwal N, Meena CS, Raj BP, et al. **Indoor air quality improvement in COVID-19 pandemic: Review.** *Sustain Cities. Soc.* 2021;70:102942. doi:10.1016/j.scs.2021.102942
- Megahed NA, Ghoneim EM. **Indoor Air Quality: Rethinking rules of building design strategies in post-pandemic architecture.** *Environ Res.* 2021;193:110471. doi:10.1016/j.envres.2020.110471
- <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>
- <https://www.epa.gov/coronavirus/indoor-air-and-coronavirus-covid-19>

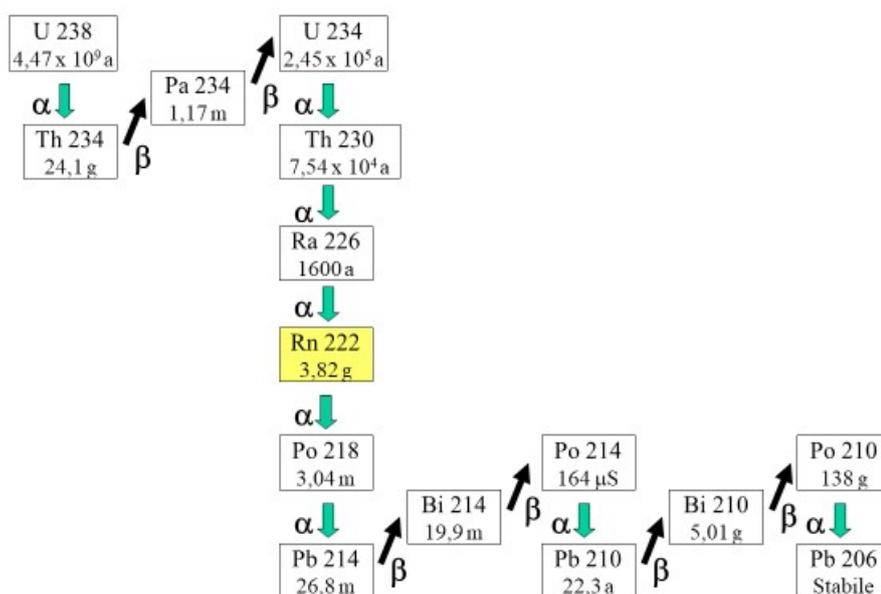
**CATEGORIA: Ventilazione**

CRITERIO: Concentrazione radon

**INQUADRAMENTO SANITARIO E AMBIENTALE**

Il radon è un gas nobile radioattivo di origine naturale presente sia nell'ambiente esterno che nell'ambiente interno a causa del decadimento radioattivo dell'uranio. L'uranio infatti, ubiquitario nella crosta terrestre, decade spontaneamente trasformandosi in altri elementi radioattivi e dando origine così a un insieme di radioelementi detto catena o famiglia radioattiva.

Uno schema della famiglia radioattiva dell'uranio ( $^{238}\text{U}$ ) è mostrata nella seguente Figura 1.



**Figura 1 – Famiglia radioattiva dell'uranio: a metà catena è evidenziato il radon ( $^{222}\text{Rn}$ )**

In tale schema sono presentati tutti i vari elementi con la loro emivita (o tempo di dimezzamento), espressa in diverse unità di misura (a=anni; g=giorni; m=minuti;  $\mu\text{s}$ =microsecondi) con anche l'indicazione della modalità di decadimento: alfa o beta.

In giallo è evidenziato il radon, prodotto per decadimento alfa dal  $^{226}\text{Ra}$  (radio). Esso ha un'emivita di 3,82 giorni e, essendo un gas nobile, non interagisce con gli elementi presenti nell'ambiente; è quindi in grado, muovendosi per diffusione all'interno del reticolo cristallino delle rocce dove è stato prodotto, di fuoriuscire in atmosfera accumulandosi, talvolta in modo consistente, soprattutto negli ambienti poco aerati.

È stato ormai mostrato in modo assai convincente da diversi studi epidemiologici che l'esposizione al radon determina un significativo incremento del rischio di cancro al polmone. A seguito di tali studi, effettuati prima sui minatori e poi anche sulla popolazione, l'Organizzazione Mondiale della Sanità, tramite il proprio Istituto di ricerca sul cancro IARC, ha inserito il radon e i suoi prodotti di decadimento nel gruppo 1 come agente sicuramente cancerogeno. Sulla base delle valutazioni IARC, si stima che il radon e i suoi prodotti di decadimento siano la seconda causa di tumore polmonare dopo il fumo.

Il rischio radiologico è infatti dovuto principalmente non al radon in quanto tale bensì ad alcuni suoi prodotti di decadimento, detti anche "figli a vita breve" ( $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Po}$ ) che, attaccandosi al pulviscolo atmosferico presente nell'ambiente, vengono inalati e trattenuti nell'apparato respiratorio determinando un significativo irraggiamento da parte delle particelle alfa soprattutto a

carico delle cellule basali dell'epitelio bronchiale.

## **APPROFONDIMENTI E INFORMAZIONI UTILI**

### Aspetti normativi

La normativa che riguarda il radon è stata inserita esplicitamente nella legislazione nazionale col D. Lgs. 241/2000 che è andato ad integrare il D. Lgs. 230/95, il testo base di radioprotezione. In esso si è regolamentata per la prima volta l'esposizione alla radiazione di origine naturale e quindi, in particolare, anche al radon. Una importante innovazione si è avuta con l'emanazione del D. Lgs. 101/2020 che, recependo la Direttiva Europea 59/2013 Euratom ha portato tra le altre cose a fissare un Livello di Riferimento, valevole sia per le abitazioni che i luoghi di lavoro, pari a Caratteristica principale della norma è che il fatto di essere rivolta esclusivamente ai luoghi di lavoro pari a  $300 \text{ Bq/m}^3$ .

Per affrontare il problema radon la nuova legislazione prevede l'emanazione da parte dei Ministeri competenti di un Piano Nazionale Radon in cui saranno articolati e descritti tutti gli interventi necessari per ridurre l'impatto sanitario dell'esposizione al radon.

### Esposizione residenziale e mappature radon

In attesa dell'emanazione del Piano Nazionale Radon, proseguono comunque le attività di prevenzione a livello regionale. Per quanto riguarda il Piemonte, è previsto un aggiornamento della mappa del radon della Regione (la cui prima edizione era uscita nel 2009) che ottemperi alle indicazioni della nuova normativa, soprattutto per quanto concerne l'individuazione delle cosiddette "aree prioritarie", cioè quelle porzioni di territorio regionale in cui i livelli di radon sono significativamente superiori alla media e in cui, pertanto, sarà necessario intraprendere tempestivamente azioni per limitare l'esposizione della popolazione.

## **ALCUNI ESEMPI**

Il problema della presenza di elevati livelli di radon in un ambiente di vita o di lavoro può essere affrontato e gestito in serenità e senza eccessivi allarmi: sono infatti facilmente disponibili, e sono relativamente poche costose, le tecnologie, gli interventi e gli accorgimenti necessari per ridurre il problema entro limiti accettabili.

Il primo aspetto da affrontare è quello relativo ai metodi di misura, fondamentali per poter fare una prima valutazione delle condizioni di esposizione per poi proseguire, nel caso fosse necessario, alle azioni di risanamento.

### Metodi di misura del radon in ambienti residenziali e di lavoro

Svariate sono le possibili modalità di misura del radon. Si possono distinguere due grandi categorie: i dosimetri passivi e i sensori attivi. Questi ultimi sono basati sulla misura della ionizzazione dovuta alle particelle alfa in un gas oppure nel Silicio. Questi rivelatori, quasi sempre complessi e costosi, hanno una sensibilità tale da consentire di monitorare su base oraria la concentrazione del radon, verificandone la variazione diurna e stagionale e consentendo di verificare in tempo reale eventuali azioni mirate a ridurre i valori. Sono recentemente apparsi sul mercato dispositivi attivi a basso o talvolta anche bassissimo costo, destinati al grande pubblico. Il loro impiego tuttavia deve essere improntato a una certa cautela e dovrebbe in ogni caso essere indirizzato più verso la verifica delle fluttuazioni nel tempo delle concentrazioni di radon piuttosto che per effettuare una misurazione precisa dei livelli di radon.

Da questo punto di vista, la modalità di misura più idonea per la valutazione delle concentrazioni di radon in ambienti di lavoro e residenziali è la misura integrata effettuata con rivelatori passivi. Si tratta cioè di installare dispositivi passivi (detti anche dosimetri), cioè non alimentati con corrente elettrica, che sono in grado di registrare le radiazioni emesse dal radon in un determinato periodo di tempo (tempo di esposizione). Sono disponibili sul mercato diverse tecniche di misura. Una tra le più affidabili (e meno costose) è quella basata su rivelatori a tracce nucleari, che sfrutta la capacità, tipica di determinate tipologie di plastiche, di registrare il passaggio delle particella alfa emesse dal radon e dai suoi prodotti di decadimento. Il principale vantaggio di questi dispositivi è il basso costo, che rende ideale il loro utilizzo sia ai fini Istituzionali (mappature radon regionali) che per

verifiche degli obblighi legge in base ai quali è necessario determinare la concentrazione media annuale di radon. Di seguito vengono brevemente presentate le modalità di impiego di tale tecnica.

#### Misure di radon con dosimetri a tracce nucleari - Misure annuali

Nel caso si debba determinare la media di concentrazione di attività radon annua occorre dividere il periodo annuale in due periodi consecutivi di sei mesi ciascuno, utilizzando, quindi, due dosimetri per ogni punto in cui si desidera quantificare la presenza di gas radon.

I dosimetri necessari per il primo semestre di misura possono essere ritirati dall'interessato presso il laboratorio che fornisce il servizio oppure possono essere spediti al domicilio del cliente. I dosimetri sono confezionati in buste a tenuta, in modo da non essere esposti al radon durante il trasporto e lo stoccaggio. Tali dosimetri dovranno comunque essere esposti entro massimo due settimane dal ricevimento.

Trascorsi sei mesi il cliente deve inviare i dosimetri esposti al laboratorio, sostituendoli con altri, in modo da completare la misura annuale. La spedizione dei dosimetri esposto al laboratorio è di solito a cura del cliente: può essere effettuata anche per posta ma deve essere eseguita nel più breve tempo possibile (tipicamente 1-2 giorni) e, in ogni caso entro in 1 settimana al massimo dal termine dell'esposizione.

Il laboratorio fornirà il risultato delle analisi in termini di concentrazione media nei due periodi di misura e calcolerà a partire da essi la MEDIA ANNUALE come semplice media aritmetica dei due valori semestrali oppure tramite media pesata nel caso in cui i tempi delle due esposizioni differiscano in modo significativo (> 12 %).

#### *Note tecniche sull'utilizzo dei dosimetri*

Occorre verificare che sia assegnato un codice univoco numerico o alfanumerico per ogni locale e riportare il medesimo codice sull'etichetta del dosimetro. I dosimetri radon impiegati da ARPA Piemonte vengono inviati in un involucro a tenuta di radon, opportunamente termosaldato.

Per l'esposizione procedere come segue:

- aprire con cura l'involucro termosaldato che contiene uno o più dosimetri facendo attenzione a non danneggiare i dosimetri ivi contenuti;
- aprire i dosimetri solo al momento dell'impiego;
- il dosimetro, una volta rimosso l'involucro protettivo termosaldato, diventa operativo (in figura 2 è mostrato, a titolo esemplificativo il dosimetro sviluppato da ARPA Piemonte);
- annotare sull'etichetta negli appositi spazi le date di inizio e fine posizionamento;
- riportare il codice scelto per il locale sull'etichetta.



**Figura 2. Esempio di dosimetro a tracce (ARPA Piemonte). Utilizzando questa tipologia di dosimetri occorre fare attenzione che la busta trasparente in cui è contenuto il dosimetro NON venga danneggiata**

#### *Criteria per l'installazione del dosimetro*

Il dosimetro va posizionato:

1. ad una altezza dal pavimento di circa 1,5 m eventualmente appeso alle pareti o posato su un mobile o scrivania;
2. lontano dalle finestre e dalle porte;
3. lontano da fonti di calore e dalla luce diretta;
4. non al chiuso dentro armadi o cassette;
5. prediligendo i locali maggiormente frequentati ed evitando se possibile bagni, corridoi, sottoscala dove la misura è meno significativa.

#### **Linee Guida Relative ad Alcune Tipologie di Azioni di Risanamento**

Nel caso in cui i livelli di radon risultassero superiori ai valori di riferimento proposti (in particolare superassero il valore di riferimento stabilito dalla Direttiva EURATOM 59/2013, cioè 300 Bq/m<sup>3</sup>), è opportuna l'effettuazione di azioni di risanamento atte a contenere i livelli di radon entro limiti più accettabili. Tali interventi sarebbero da considerarsi senz'altro obbligatori in caso di superamento del livello di riferimento di 300 Bq/m<sup>3</sup>, ma possono anche essere presi in considerazione per livelli inferiori, al fine di migliorare la classificazione dell'abitazione. Un tale approccio è anzi esplicitamente suggerito dall'OMS-WHO, anche per tutte quelle abitazioni che superano i 100 Bq/m<sup>3</sup>, il valore di riferimento proposto dall'OMS; tale impostazione è giustificata dal fatto che non c'è attualmente evidenza di un effetto soglia al di sotto del quale l'esposizione a una data concentrazione di radon può essere considerata intrinsecamente sicura.

Per il dettaglio di tali interventi si rimanda a pubblicazioni specializzate. La Linea Guida citata in bibliografia (pubblicata da APAT, ora ISPRA, in collaborazione con il sistema nazionale delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente) fornisce alcune indicazioni di massima, individuando le tecniche di risanamento più diffuse.

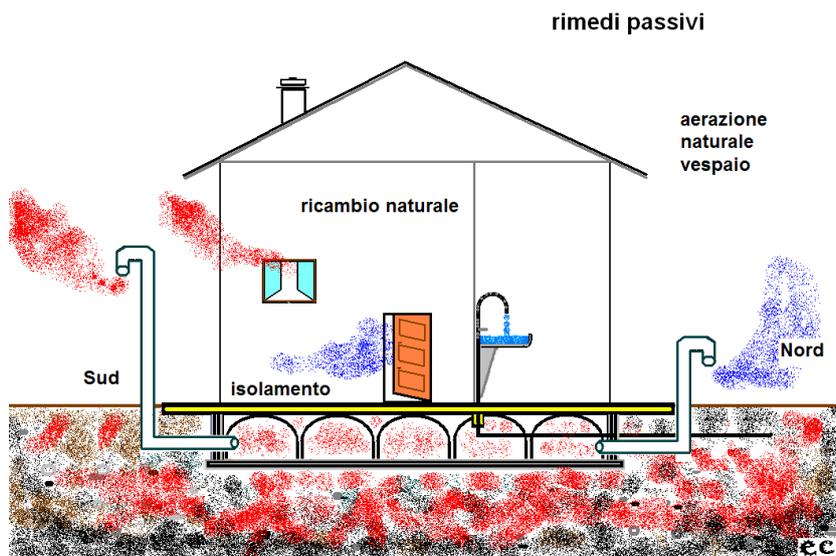
A titolo meramente esemplificativo sono qui di seguito riportate alcune figure che illustrano in modo qualitativo le principali azioni di bonifica.

Esse si possono suddividere in due ampie categorie:

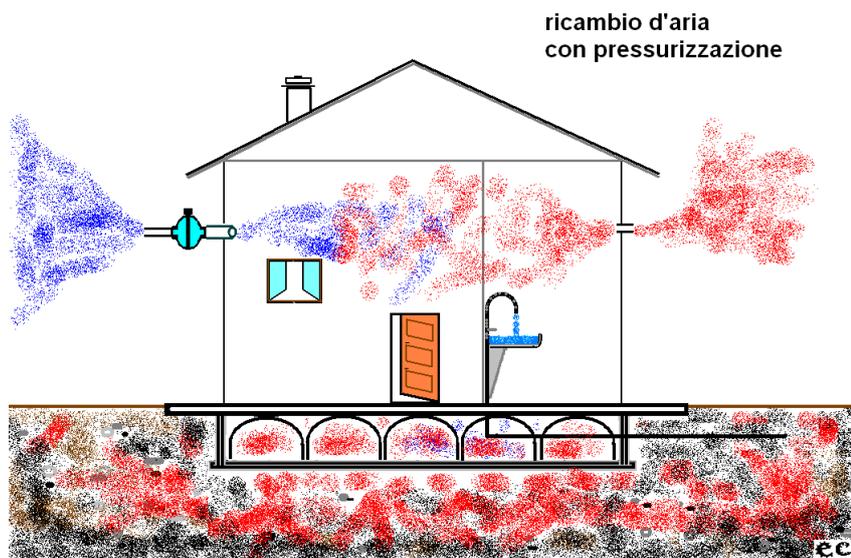
- azioni mediante metodi passivi: sfruttano gli spontanei movimenti dell'aria e non richiedono quindi il costante impiego di corrente elettrica;
- azioni mediante metodi attivi: sono basati su dispositivi di movimentazione dell'aria, più o meno complessi, dotati di motori elettrici.

La scelta di un metodo piuttosto che un altro dipende fortemente dalla singola situazione ed è quindi difficile dare un criterio generale. In tutti i casi dovrà però essere sempre scrupolosamente verificata l'efficacia di tali azioni mediante l'effettuazione di misure prima e dopo l'intervento di bonifica. I metodi qui illustrati sono presentati più o meno in ordine di complessità: si parte dai più semplici, dal costo quasi sempre irrisorio, per arrivare a dispositivi ed impianti complessi che richiedono un più consistente impegno economico. Difficilmente però, anche nei casi più difficili, il costo complessivo di un'operazione di bonifica richiede investimenti superiori a qualche migliaio di euro.

*Azioni di rimedio con metodi passivi*



*Azioni di rimedio con metodi attivi*



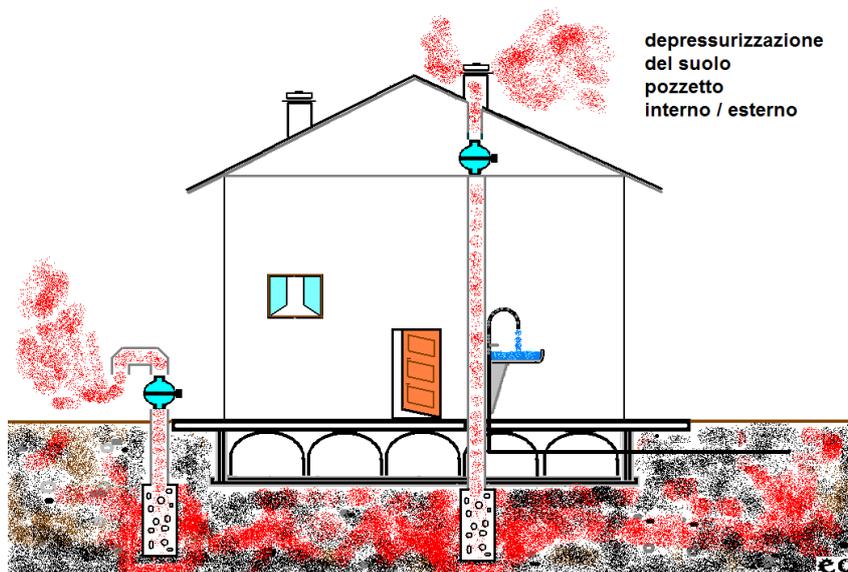


Figura 5 – Metodi attivi: depressurizzazione del suolo mediante pozzetto

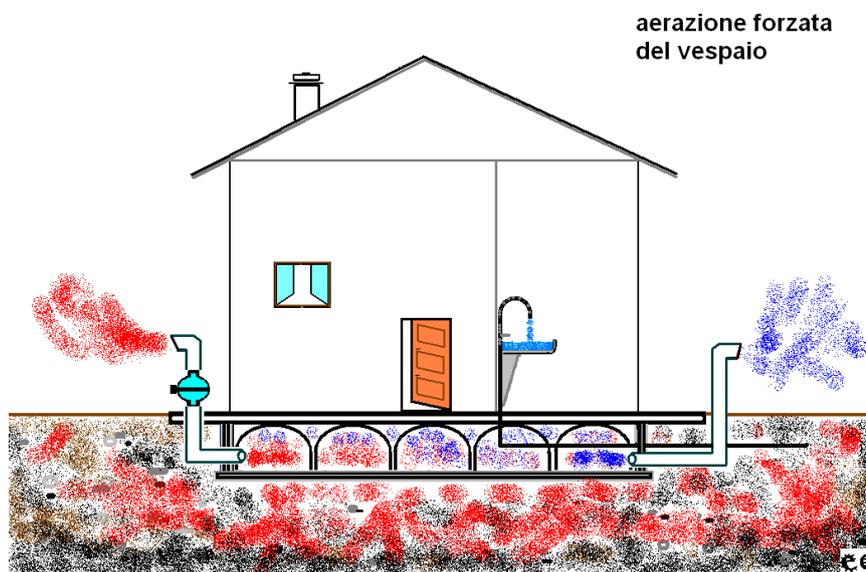


Figura 6 – Metodi attivi: aerazione forzata del vespaio

## Riferimenti

- APAT, *Linee Guida per le Misure di Radon in Ambienti Residenziali*, Pubblicazione RTI CTN\_AGF 4/2004
- APAT, *Linee Guida Relative ad Alcune Tipologie di Azioni di Risanamento per la Riduzione dell’Inquinamento da Radon*, RTI CTN\_AGF 4/2005.
- ARPA Piemonte, *La mappatura del radon in Piemonte*, ISBN 978-88-7479-117-0, Rapporto ARPA Piemonte - Regione Piemonte, 2009.
- Commissione Europea, *Direttiva 2013/59 EURATOM*.
- Commissione Europea, *Raccomandazione 90/143 EURATOM*.
- Decreto Legislativo n. 230/95 e s.m.i.
- Decreto Legislativo n. 241/2000
- Decreto Legislativo n. 101/2020
- OMS-WHO, *WHO HANDBOOK ON INDOOR RADON – A public health perspective*, ISBN 978 92 4 154767 3, WHO, 2009.
- *Raccomandazione del Sottocomitato Scientifico del progetto CCM “Avvio del Piano Nazionale Radon per la riduzione del rischio del tumore polmonare in Italia”, CCM-ISS, approvata il 10 novembre 2008.*
- S. Darby et al., *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*, *BMJ*, Volume 330, 20 January 2005.
- WHO-IARC. *IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Man made mineral fibres and Radon*. IARC Monograph Vol. 43, Lyon, France; 1988.

**CATEGORIA: Benessere termoigrometrico**

CRITERIO: Comfort termico

**INQUADRAMENTO SANITARIO E AMBIENTALE**

**Introduzione**

Con il termine “microclima”, correlato all’ambiente termico, ci si riferisce al complesso dei parametri fisici ambientali locali di uno spazio, quali temperatura, umidità relativa e velocità dell’aria, che considerati congiuntamente a parametri personali degli individui che vi operano, quali attività metabolica e abbigliamento, condizionano i processi di scambio termico tra uomo e ambiente.

Condizioni microclimatiche confortevoli sono ritenute quelle che suscitano soddisfazione nella più ampia maggioranza degli individui esposti e che, per usare una definizione meno soggettiva, identificano la condizione di “omeotermia” dell’organismo umano. L’uomo, come tutti i mammiferi è omeotermo: i valori di temperatura interna del corpo umano devono essere mantenuti entro un campo estremamente ristretto, compreso tra 35,8°C e 37,2°C; tale intervallo garantisce le condizioni di salute e benessere dell’individuo.

Il benessere (o comfort) termico viene associato alla neutralità termica, cioè con quello stato in cui il soggetto non esprime preferenza né per un ambiente più caldo né per uno più freddo di quello reale. Lo stato di neutralità termica dell’organismo rappresenta la condizione nella quale l’equilibrio viene mantenuto col minimo impegno dei meccanismi di regolazione fisiologica.

Il "comfort" termico è quindi definibile come lo *stato di benessere psicofisico dell'individuo nell'ambiente in cui vive e lavora* ed esprime la completa soddisfazione dell’essere umano per le condizioni microclimatiche a cui è sottoposto.

**Sistema di termoregolazione**

L’organismo tende a mantenere stabile la propria temperatura attraverso azioni di termoregolazione. Il sistema di termoregolazione del corpo umano è una struttura del sistema nervoso centrale situato nella zona del cervello denominata ipotalamo. Esso svolge la funzione di regolare gli scambi termici tra corpo umano e ambiente e mantenere costante la temperatura interna.

Quando fa troppo caldo, il sistema di termoregolazione innesca una serie di meccanismi in grado di favorire la cessione di calore all'esterno (ad es. vasodilatazione, sudorazione), mentre quando fa troppo freddo, interviene limitando la dispersione del calore (ad es. vasocostrizione).

Il mantenimento dell’omeotermia però non coincide necessariamente con il mantenimento delle condizioni di benessere. Se ci si allontana dalle condizioni termoigrometriche ideali l’organismo si affatica a causa del lavoro che il sistema di termoregolazione deve compiere per garantire l’equilibrio termico. In questo caso si può avere una condizione di discomfort che sarà proporzionale al livello di sollecitazione a cui è sottoposto l’organismo, ovvero a quanto distanti saranno le condizioni termiche ambientali reali da quelle ottimali.

Il microclima può influenzare gli scambi termici tra individuo e ambiente e in alcune situazioni ostacolare i meccanismi di termoregolazione. Ad esempio elevati valori di umidità dell’aria in estate possono aumentare il disagio correlato alla sensazione di caldo: l’elevata presenza di vapore acqueo nell’aria ostacola l’evaporazione dell’acqua contenuta nel sudore, che rappresenta il processo fondamentale per il corpo umano per disperdere il calore in eccesso.

Ciò spiega come mai in presenza di afa, una situazione climatica caratterizzata da un alto valore di umidità relativa, il corpo umano tolleri di meno il disagio del caldo e la temperatura percepita sia superiore alla temperatura ambientale effettiva (misurata dal termometro). In altre circostanze il vento può aumentare il disagio correlato alla sensazione di freddo ed è dovuto al fatto che con il vento aumenta la velocità con cui il corpo perde calore (incremento degli scambi termici convettivi). La cosiddetta temperatura percepita, ossia la sensazione di "caldo" o di "freddo", è quindi legata non solo alla temperatura effettiva ma anche ad altri fattori ambientali.

L'intervallo di variabilità della temperatura, fisiologicamente sopportabile per il corpo umano è piuttosto limitato: 4 ÷ 5 °C per il rivestimento esterno (cute), 1 ÷ 2 °C per il nucleo. Variazioni modeste provocano disagio mentre variazioni più ampie possono sollecitare l'organismo in modo tale da generare condizioni di stress anche elevato e comportare rischi per la salute. La prima situazione è associabile ad un ambiente termico “moderato”, la seconda ad uno “severo”. Il criterio secondo il quale classificare un ambiente termico è il seguente: *“si definiscono ambienti termici severi, quei luoghi di lavoro nei quali esistono esigenze (ambientali e/o produttive) tali da vincolare uno o più parametri (ambientali o personali). In questi ambienti le condizioni di comfort termico non sono realisticamente (tecnicamente) perseguibili. Si definiscono invece moderati quegli ambienti nei quali non sussistono condizioni di vincolo di alcun tipo. In questo caso le condizioni di comfort termico sono realisticamente (tecnicamente) perseguibili”.*

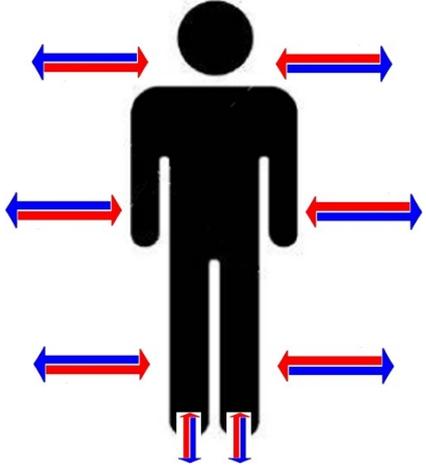
## APPROFONDIMENTI E INFORMAZIONI UTILI

### Bilancio termico e benessere

Affinché la temperatura del corpo umano possa restare costante è necessario che la quantità di calore prodotta o assunta dall'organismo, sia uguale a quella trasferita all'ambiente. In questa condizione il bilancio termico è uguale a zero e la temperatura corporea interna viene mantenuta nell'intervallo di normalità.

Considerando l'organismo umano come un sistema termodinamico interessato da flussi di energia termica entranti ed uscenti attraverso la sua superficie (figura 1), congiuntamente all'energia generata dal suo interno attraverso i processi metabolici e alla resistenza termica dell'abbigliamento indossato, è possibile definire l'equazione 1 che rappresenta “l'equazione del bilancio energetico”. Il segno “+” determina un guadagno netto di energia, viceversa con il segno “—“ si ha perdita netta di energia.

$$S = M - W \pm C_{RES} \pm E_{RES} \pm K \pm C \pm R - E \quad (1)$$

	<table border="1"> <tr> <td style="background-color: #e0f0e0;">Grandezze ambientali</td> </tr> <tr> <td><math>t_a</math> [°C] – temperatura secca dell'aria</td> </tr> <tr> <td><math>t_r</math> [°C] – temperatura media radiante</td> </tr> <tr> <td>U.R. [%] – umidità relativa</td> </tr> <tr> <td><math>v_{ar}</math> [m/s] – velocità relativa dell'aria</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #e0f0e0;">Grandezze personali</td> </tr> <tr> <td><math>M</math> [W/m<sup>2</sup> o <i>met</i>] – attività metabolica</td> </tr> <tr> <td><math>I_{cl}</math> [°C/W m<sup>2</sup> o <i>clo</i>] – resistenza termica del vestiario</td> </tr> </table>	Grandezze ambientali	$t_a$ [°C] – temperatura secca dell'aria	$t_r$ [°C] – temperatura media radiante	U.R. [%] – umidità relativa	$v_{ar}$ [m/s] – velocità relativa dell'aria	Grandezze personali	$M$ [W/m <sup>2</sup> o <i>met</i> ] – attività metabolica	$I_{cl}$ [°C/W m <sup>2</sup> o <i>clo</i> ] – resistenza termica del vestiario
Grandezze ambientali									
$t_a$ [°C] – temperatura secca dell'aria									
$t_r$ [°C] – temperatura media radiante									
U.R. [%] – umidità relativa									
$v_{ar}$ [m/s] – velocità relativa dell'aria									
Grandezze personali									
$M$ [W/m <sup>2</sup> o <i>met</i> ] – attività metabolica									
$I_{cl}$ [°C/W m <sup>2</sup> o <i>clo</i> ] – resistenza termica del vestiario									
<p><b>Figura 1 – Scambi termici uomo-ambiente</b></p>	<p><b>Tabella 1 – Parametri ambientali e personali</b></p>								

Ciascun termine rappresenta rispettivamente: metabolismo energetico (M), potenza meccanica scambiata con l'ambiente sotto forma di lavoro ovvero convertita nell'attività muscolare (W), potenze termiche scambiate nella respirazione rispettivamente per convezione ed evaporazione ( $C_{RES}$  e  $E_{RES}$ ), potenze termiche scambiate per conduzione (K), convezione (C), irraggiamento (R) ed evaporazione (sudorazione, E).

Quando  $S=0$  i contributi termici entranti bilanciano quelli uscenti pertanto il soggetto si trova in una condizione di equilibrio termico (“omeotermia”); se  $S<0$  la potenza termica uscente è maggiore di quella in entrante pertanto il soggetto subirà una sensazione termica di freddo, viceversa se  $S>0$  vi sarà una sensazione di caldo determinata da una potenza termica entrante superiore a quella in uscita.

In prima approssimazione i termini dell'equazione (1), che rappresentano altrettanti meccanismi di scambio termico uomo-ambiente, possono essere espressi in funzione di un numero massimo di sei variabili indipendenti, di cui quattro grandezze fisiche ambientali ( $t_a$ ,  $t_r$ ,  $v_{ar}$ , U.R.) e due parametri personali (M,  $I_{cl}$ ).

I meccanismi di scambio termico contenuti nell'equazione (1) sono alla base dei modelli previsionali di valutazione dell'esposizione microclimatica, ne consegue che la valutazione dell'ambiente termico è riconducibile alla stima dei 6 parametri indicati in tabella 1:

- $t_a$  [°C] – è la temperatura dell'aria ambiente in cui il soggetto svolge la propria attività;
- $t_r$  [°C] – caratterizza gli scambi termici radiativi e dipende dalla temperatura di tutte le superfici che si trovano attorno al soggetto;
- U.R. [%] – definisce il grado igrometrico presente che influisce sugli scambi termici evaporativi;
- $v_{ar}$  [m/s] – influisce sugli scambi termici convettivi; è funzione della velocità dell'aria ( $v_a$ ) e dell'indice metabolico (M), per tenere conto del movimento del soggetto nell'ambiente;
- M [ $W/m^2$  o *met*] – rappresenta l'energia termica all'interno del corpo umano e può essere distinta in due componenti: “metabolismo basale”, necessario al funzionamento degli organi vitali, “metabolismo legato all'attività” che il soggetto sta compiendo. Oltre a  $W/m^2$  si usa come unità di misura il *met* (1 *met* = 58,2  $W/m^2$ ). La UNI EN ISO 8996 [2] fornisce dei prospetti di riferimento con cui stimare M, correlando l'attività osservata con i valori dei prospetti;
- $I_{cl}$  [°C/W  $m^2$  o *clo*] – rappresenta la resistenza che il vestiario oppone al flusso termico. L'unità di misura utilizzata è il *clo* (1 *clo* = 0,155  $m^2$  °C /W). La valutazione si effettua in modo indiretto facendo riferimento a prospetti (per combinazioni di vestiario o per singoli capi) contenuti nella UNI EN ISO 9920 [3].

In tabella 2.1 e 2.2 sono riportati alcuni valori di riferimento di M e  $I_{cl}$ .

Occupazione	M [ $W/m^2$ ]
Muratore	110 ÷ 160
Falegname	110 ÷ 175
Fabbro	90 ÷ 200
Saldatore	75 ÷ 125
Commessa	100 ÷ 120
Segretaria	70 ÷ 85

Tabella 2.1

Abbigliamento	$I_{cl}$ [ <i>clo</i> ]
Mutande, camicia maniche corte, pantaloni leggeri, calzini leggeri, scarpe.	0,50
Mutande, tuta da lavoro, calzini, scarpe.	0,75
Biancheria intima a maniche e gambe corte, camicia, pantaloni, giacca, calzini, scarpe.	1,00

Tabella 2.2

### Modello di valutazione – Indici di FANGER

L'indice introdotto dallo studioso danese P.O. Fanger [1] ha l'obiettivo di correlare i 6 parametri, da cui l'equazione del bilancio termico dipende, alle sensazioni soggettive degli individui esposti. Il modello sviluppato da Fanger si fonda sull'assunzione di una relazione biunivoca fra bilancio energetico del corpo umano e sensazione termica, supportata empiricamente attraverso l'analisi statistica dei risultati di un'ampia indagine condotta su un campione di individui, sottoposti a condizioni ambientali controllate e tenuti ad esprimere una valutazione sull'accettabilità del clima indoor, attraverso una scala di sensazione termica definita a sette livelli secondo la corrispondenza mostrata in tabella 3.

L'indice PMV (Predicted Mean Vote) rappresenta così la media dei voti espressi corrispondenti allo stesso microclima, ovvero identiche condizioni di carico termico, abbigliamento e attività.

Il modello di Fanger è stato recepito dalla UNI EN ISO 7730 [4] che rappresenta la normativa di riferimento per la valutazione del benessere termoigrometrico. Il PMV correla parametri ambientali e personali alle sensazioni soggettive degli esposti mediante un'equazione derivata dagli esiti dell'indagine statistica, risolvibile iterativamente e riportata nella norma (in appendice vi sono

anche prospetti di riferimento che consentono la stima del PMV in relazione a differenti combinazioni dei parametri personali e ambientali).

Nella norma sono indicati i criteri di accettabilità attraverso tre categorie di qualità crescente: A( $-0.2 < PMV < +0.2$ ), B( $-0.5 < PMV < +0.5$ ), C( $-0.7 < PMV < +0.7$ ). Nella scala di sensazione termica di Fanger (tabella 3) il valore 0 identifica la condizione di neutralità termica (omeotermia) e allontanandosi dallo zero si identificano condizioni di discomfort crescente.

VOTO	SENSAZIONE
+3	molto caldo
+2	caldo
+1	leggermente caldo
0	neutro
-1	leggermente freddo
-2	freddo
-3	molto freddo

**Tabella 3. Scala di sensazione termica associata all'indice PMV**

La valutazione dell'ambiente termico mediante l'indice PMV deve essere effettuata con condizioni ambientali esterne rappresentative del periodo stagionale (caldo o freddo) in relazione alla tipologia di disagio che si intende prevenire. In fase previsionale è possibile utilizzare i dati climatici delle provincie d'Italia indicati nelle norme di riferimento [11].

Nel caso di utilizzo di banche dati ci si dovrebbe porre nelle condizioni ambientali esterne sfavorevoli più frequenti, ovvero quelle che potenzialmente possono determinare la condizione di disagio (da caldo o freddo) massimo ricorrente.

### Osservazioni ed aspetti operativi

Quando il corpo umano, con minimo impegno dei meccanismi di termoregolazione, non prova sensazione di freddo o di caldo, l'individuo viene a trovarsi in uno stato di soddisfazione nei confronti dell'ambiente detto "**benessere termico**".

L'ambiente termico indoor è influenzato da molteplici fattori:

- di tipo strutturale, ovvero la tipologia dei materiali con cui è costituito l'edificio e le rispettive proprietà termiche, la presenza di superfici trasparenti e la relativa ampiezza e orientazione nello spazio, i volumi degli ambienti di lavoro, ecc.;
- di tipo organizzativo, ovvero la gestione degli spazi in termini di postazioni di lavoro fisse, cicli produttivi, spostamenti degli addetti, affollamento, ecc.;
- di tipo impiantistico, ovvero la tipologia degli impianti di trattamento e ricambio d'aria presenti, le scelte progettuali adottate, la relativa gestione, le attività di manutenzione correlate, ecc.

L'indice PMV è una funzione di 6 variabili, 2 personali e 4 ambientali. I parametri personali dipendono rispettivamente dal compito lavorativo per la definizione del dispendio metabolico M, dalle condizioni stagionali considerate e/o da eventuali vincoli lavorativi sull'abbigliamento per la definizione della resistenza termica del vestiario  $I_{CL}$ .

Il conseguimento delle condizioni di benessere termico, fissati i parametri personali, dipende dall'impostazione dei parametri fisici ambientali. In questo ambito ricoprono un ruolo fondamentale, oltre che le caratteristiche dell'involucro, gli impianti di trattamento e ricambio dell'aria.

La ventilazione influenza le grandezze microclimatiche ambientali quali temperatura, umidità e velocità dell'aria, svolgendo un ruolo importante nel processo di termoregolazione del corpo umano e nel garantire situazioni di comfort ambientale.

Le combinazioni dei parametri ambientali e personali che forniscono lo stesso valore dell'indice PMV, sono espressione delle medesime sensazioni termiche.

Nella seguente tabella 4 si riportano due combinazioni che esprimono condizioni di benessere termico, con valori di PMV sostanzialmente analoghi riconducibili alla categoria A di comfort. Le combinazioni si riferiscono rispettivamente ai periodi estivo e invernale, in ambienti in cui si svolge attività fisica moderata prevalentemente sedentaria ( $M \approx 1.2 \text{ met}$  – attività tipo ufficio).

periodo	I <sub>CL</sub> (clo)	T <sub>a</sub> (°C)	T <sub>r</sub> (°C)	U.R. (%)	V <sub>a</sub> (m/s)	PMV
estate	0.6	24.5	26.6	50%	0.14	0.09
inverno	1.0	20.8	24.6	50%	0.08	0.02

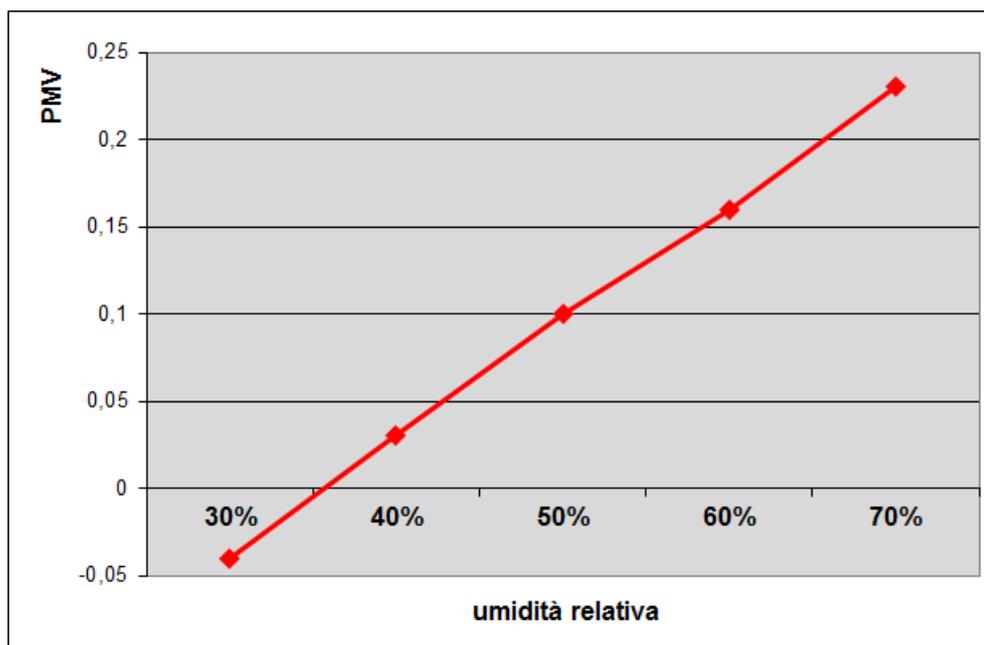
**Tabella 4 – Condizioni di benessere termico per attività leggera (ufficio)**

Si osserva che nella definizione delle condizioni microclimatiche ottimali relative all'ambiente termico dovranno essere considerati anche eventuali requisiti normativi finalizzati al contenimento dei consumi energetici.

Ad esempio il DPR 16 aprile 2013, n. 74 [5], che fissa i criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva, prevede che la media ponderata delle temperature dell'aria, misurate nei singoli ambienti di ciascuna unità immobiliare, durante il funzionamento dell'impianto di climatizzazione invernale, non deve superare: 18°C + 2°C di tolleranza per gli edifici adibiti ad attività industriale, artigianali ed assimilabili (20°C + 2°C per tutti gli altri edifici). Durante il funzionamento dell'impianto di climatizzazione estiva, la media ponderata delle temperature non deve essere minore di 26°C (– 2°C di tolleranza) per tutti gli edifici.

I parametri fisici ambientali non hanno tutti lo stesso peso nella quantificazione dell'indice descrittore.

L'umidità relativa ad esempio ha scarsa incidenza sulla sensazione termica (per attività moderate, <2met) nella valutazione del microclima degli "ambienti moderati", come mostrato dalla variazione del PMV riportata in figura 2. Si osserva infatti che un incremento dell'umidità dal 30% al 70%, ipotizzando di mantenere costanti gli altri parametri, comporta una variazione sul PMV di circa 0,25 rimanendo all'interno dell'intervallo di comfort.



**Figura 2 – Variazione dell'indice PMV in funzione dell'umidità relativa**

In questo caso adeguati valori di umidità sono importanti principalmente per motivi igienico-sanitari, per problematiche relative al controllo della qualità dell'aria negli ambienti indoor.

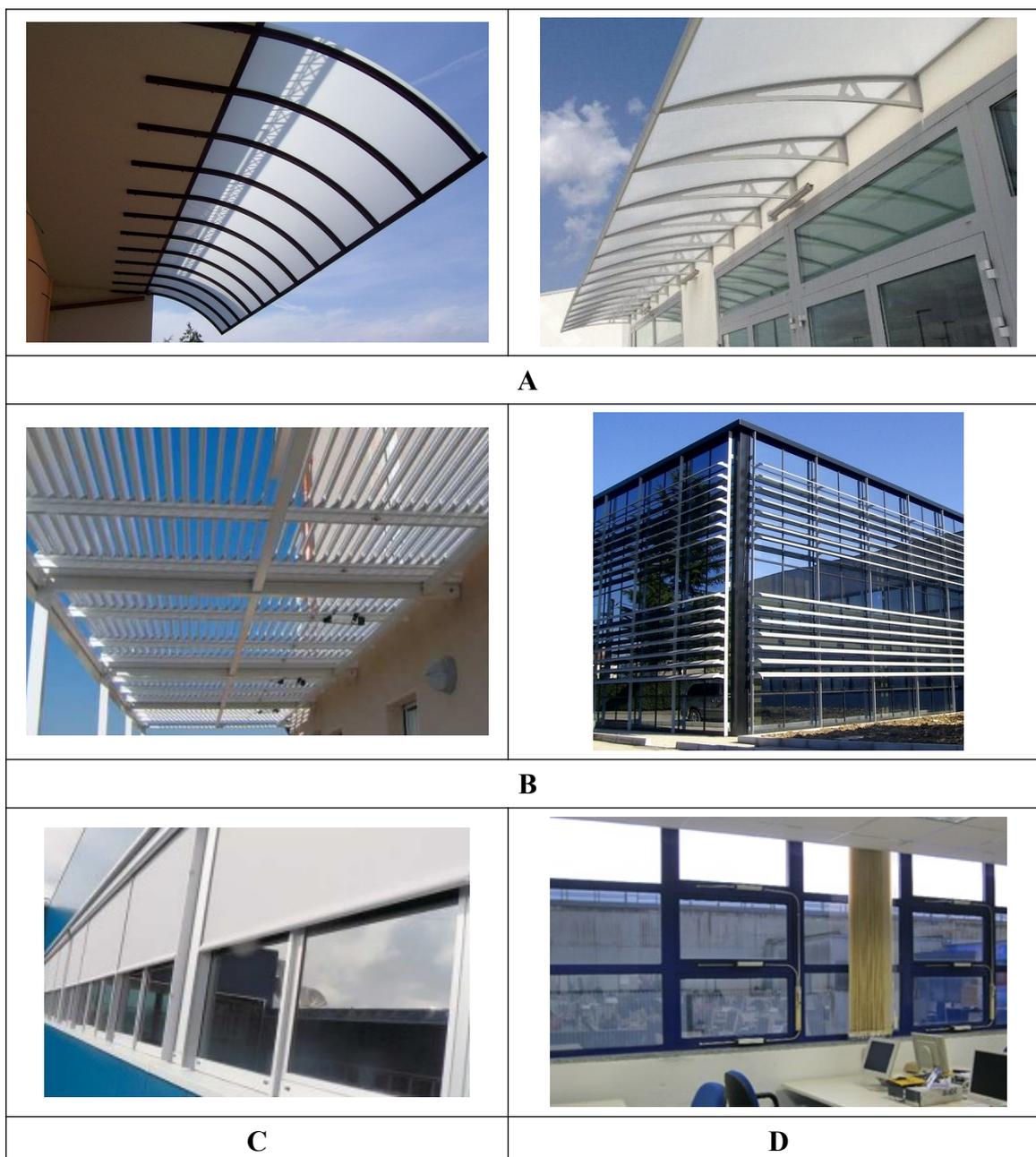
Il PMV è un indice di sintesi espressione di diversi fattori ambientali, a loro volta dipendenti da più parametri fisici, che fornisce un giudizio sull'accettabilità o meno dell'ambiente termico globale. Nel caso in cui il PMV indichi condizioni di discomfort è importante approfondire l'analisi sui valori delle singole variabili microclimatiche al fine di valutarne l'incidenza.

In tabella 5 sono riportati gli esiti, in termini di PMV e singole variabili ambientali, di due misure effettuate contemporaneamente durante il periodo estivo in postazioni distanti alcuni metri (8m ÷ 9m) l'una dall'altra all'interno di un ufficio open space (M=1.2met). L'ufficio è dotato di un'ampia vetrata su un lato mentre gli altri sono ciechi; le misure sono state effettuate in condizioni di irraggiamento diretto sulla vetrata.

postazione	I <sub>CL</sub> (clo)	T <sub>a</sub> (°C)	T <sub>r</sub> (°C)	U.R. (%)	V <sub>a</sub> (m/s)	PMV
a	0.6	26.8	27.5	40%	0.12	0.59
b	0.6	27.2	31.9	37%	0.14	1.18

**Tabella 5 – Effetto dell'irraggiamento solare su postazione in prossimità di una vetrata**

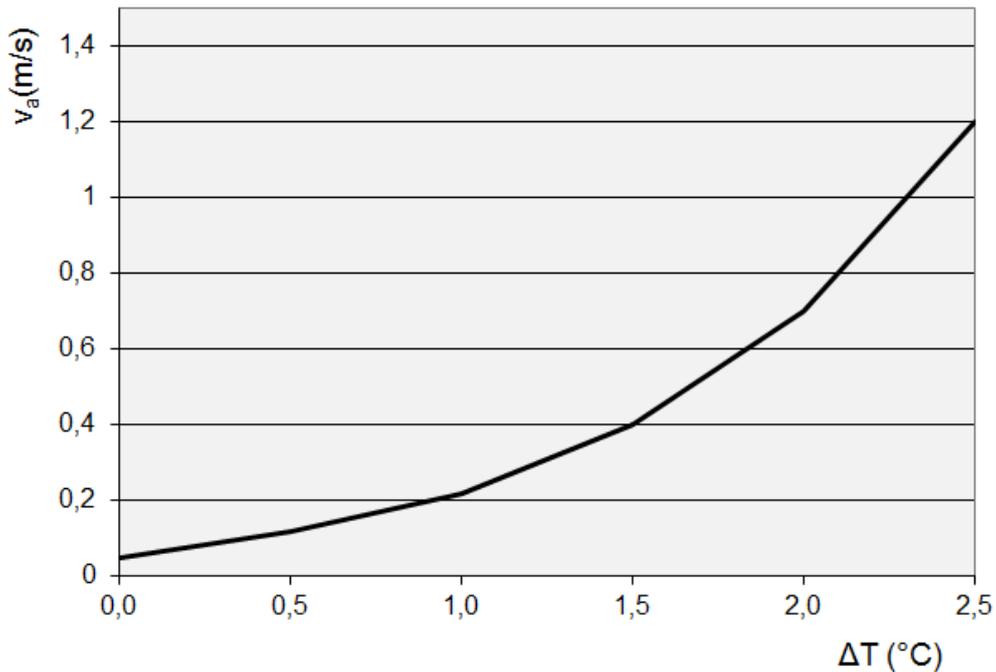
La postazione “a” è collocata all'interno della sala verso una parete cieca mentre la “b” è una postazione in prossimità della vetrata. Osservando i valori delle grandezze ambientali si può ragionevolmente ipotizzare come il marcato discomfort globale rilevato in “b” sia determinato dall'effetto dall'irraggiamento solare. In queste condizioni per eliminare o contenere il discomfort termico si dovrebbe agire prioritariamente su questo fattore ambientale con misure organizzative, ad esempio spostando la postazione lavorativa, oppure con misure tecniche di schermatura dell'irraggiamento. Le misure tecniche possono essere molteplici e ne sono riportati alcuni esempi generici (non vincolanti) in figura 3: pensiline (A), sistemi frangisole (B), tendaggi (C) pellicole riflettenti (D).



**Figura 3 – Esempi di misure tecniche di contenimento dell'irraggiamento solare**

La velocit  dell'aria in uno spazio influenza lo scambio termico convettivo tra soggetto e ambiente e quindi incide sul benessere termico. Non esiste un valore univoco della velocit  dell'aria necessario al conseguimento del comfort termico. Incrementi di velocit  dell'aria possono essere usati per bilanciare la sensazione di caldo dovuta ad un aumento di temperatura [4].

La figura 4 mostra, a titolo indicativo, i valori di velocit  dell'aria richiesti per compensare gli incrementi di temperatura ( $\Delta t$ ) al di sopra di 26 C, supponendo  $t_r = t_a$  e che tale condizione si mantenga costante. Si ipotizza un ambiente tipo ufficio ( $M=1.2\text{met}$ ) nel periodo estivo ( $I_{cl}=0,5\text{clo}$ ).



**Figura 4 – Velocità dell’aria richiesta per compensare un aumento di temperatura**

Le combinazioni di velocità e temperatura che definiscono l’andamento mostrato in figura 4 forniscono valori simili dell’indice PMV ( $\approx 0,1$ ), espressione di sensazioni termiche analoghe. Infine si osserva che secondo i criteri di applicabilità del modello di Fanger [1] per la velocità dell’aria dovrebbe valere la condizione  $v_a < 1$  m/s. Si deve ricordare inoltre che i benefici che si possono ottenere aumentando la velocità dell’aria dipendono dall’isolamento termico dell’abbigliamento, dall’attività e dalla temperatura dell’aria. Per attività leggera prevalentemente sedentaria, tipo quella in ufficio, sono raccomandati valori di  $v_a \leq 0,8$  m/s [4]. Inoltre eventuali misure di incremento della velocità dell’aria devono essere attentamente valutati al fine di evitare il verificarsi, nello spazio occupato, di correnti d’aria fastidiose in particolare in quegli ambienti in cui si svolgono attività di tipo leggero.

### Documenti di riferimento

- P.O. Fanger: “Thermal Comfort“ McGraw-Hill – 1970
- UNI EN ISO 8996:2005. Ergonomia dell’ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico
- UNI EN ISO 9920:2009. Ergonomia dell’ambiente termico - Valutazione dell’isolamento termico e della resistenza evaporativa dell’abbigliamento
- UNI EN ISO 7730:2006  
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
- D.P.R. 16-4-2013 n. 74  
Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell’acqua calda per usi igienici sanitari, a norma dell’articolo 4, comma 1, lettere a) e c), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192. Pubblicato nella Gazz. Uff. 27 giugno 2013, n. 149 e s.m.i.
- UNI EN ISO 7726:2002  
Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche
- UNI 10339: 1995  
Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta l’offerta, l’ordine e la fornitura
- prUNI 10339 - 2016  
Impianti aeraulici per la climatizzazione. Classificazione, prescrizione e requisiti prestazionali per la progettazione e la fornitura
- EN 16798-1:2019. Energy performance of buildings – Ventilation for buildings  
Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing air quality, thermal environment, lighting and acoustics (module M1-6)
- UNI CEN/TR 16798-2:2020. Energy performance of buildings – Ventilation for buildings  
Part 2: Interpretation of the requirements in EN 16798-1 – Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing air quality, thermal environment, lighting and acoustics (module M1-6)
- UNI/TR 10349-2:2016  
Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto

**CATEGORIA: Benessere visivo**

CRITERIO: Illuminazione naturale

**INQUADRAMENTO SANITARIO E AMBIENTALE**

L'illuminazione naturale è importante per diversi aspetti che possono sintetizzarsi nel benessere fisiologico e psicologico degli individui e nel risparmio energetico, consentendo inoltre la riduzione dell'uso dell'illuminazione artificiale. I parametri che definiscono il requisito dell'illuminazione naturale sono molteplici, i principali sono il livello di illuminamento ed i fenomeni di abbagliamento.

**Aspetti legati all'illuminazione naturale**

Possibili problematiche:

- surriscaldamento estivo e insolazione diretta;
- abbagliamento;
- continua variazione di intensità;
- impossibilità di controllare le ombre;
- perdite di calore attraverso le finestre (maggior consumo energetico);
- infiltrazioni di aria;
- inadeguata penetrazione in profondità della luce;
- rischi di condensa sui vetri;
- ombre portate da ostruzioni esterne.

Vantaggi:

- benefici psicologici ed emotivi per le persone;
- variabilità in funzione del moto del sole;
- preferenza per la luce naturale da parte degli occupanti;
- riduzione dei consumi energetici;
- guadagni solari passivi durante l'inverno.

**APPROFONDIMENTI E INFORMAZIONI UTILI**

**Illuminamento**

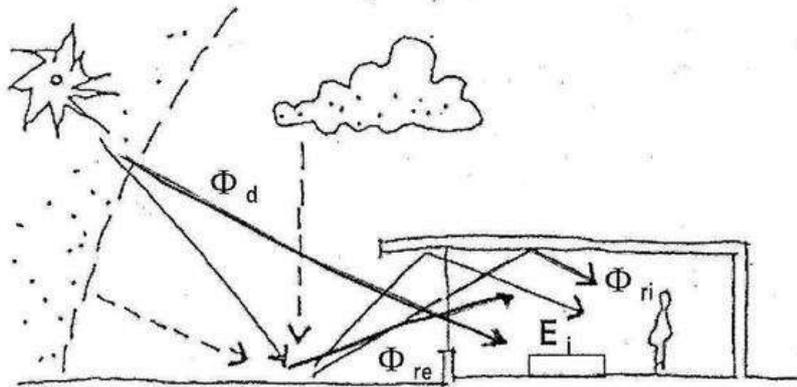
L'utilizzo di ampie superfici vetrate permette di ottenere alti livelli di illuminazione naturale. E' importante però dotarle di opportune schermature per evitare problemi di surriscaldamento estivo.

Le superfici vetrate devono essere disposte in modo da ridurre al minimo l'oscuramento dovuto ad edifici o altre ostruzioni esterne e in modo che l'apertura riceva luce direttamente dalla volta celeste.

L'illuminamento è una grandezza oggettiva indipendente dalla posizione della superficie rispetto all'osservatore, che misura la quantità di flusso luminoso intercettato da una superficie. L'illuminamento (E) medio su una superficie è dato quindi dal rapporto tra il flusso luminoso ( $\Phi$ ) emesso da una determinata sorgente e la superficie ricevente (A).

$$E = \Phi/A = \text{lm}/\text{m}^2 = \text{lux (lx)}$$

un lux è quindi l'illuminamento prodotto da un flusso di un lumen distribuito in modo uniforme su una superficie di 1m<sup>2</sup>.



L'illuminamento naturale in un punto di un ambiente interno  $E_i$  è determinato:

- dal flusso diretto proveniente dalle sorgenti primarie esterne  $\phi_d$  (sole e volta celeste);
- dal flusso luminoso riflesso proveniente dalle ostruzioni e dalle superfici esterne  $\phi_{re}$  (terreno, edifici adiacenti);
- dal flusso luminoso indiretto generato dalle riflessioni multiple che si verificano sulle superfici interne dell'ambiente  $\phi_{ri}$ .

$$E_i = E_d + E_{re} + E_{ri}$$

Il Fattore di Luce Diurna (FLD) è definibile come il rapporto:

$$E_i / E_{eh}$$

dove:

$E_i$  = illuminamento in un punto interno all'ambiente;

$E_{eh}$  = illuminamento su un piano orizzontale esterno, dovuto all'intera volta celeste, escludendo il contributo della radiazione solare diretta.

In pratica, il Fattore di Luce Diurna, espresso in percentuale, è il risultato della somma dei contributi delle componenti dell'illuminamento:

$$FLD [\%] = SC + ERC + IRC$$

dove:

$SC = E_d / E_{eh}$  = componente diretta;

$ERC = E_{re} / E_{eh}$  = componente riflessa esternamente;

$IRC = E_{ri} / E_{eh}$  = componente riflessa internamente.

Come indicato nella scheda D.4.1, il fattore medio di luce diurna ( $\eta_m$ ) può essere calcolato applicando la formula seguente in conformità al metodo previsionale indicato dalla norma UNI 10840 (Appendice A):

$$\eta_m = \frac{\sum \varepsilon_i \cdot \tau_i \cdot A_i \cdot \Psi_i}{S \cdot (1 - \rho_m)}$$

con le modalità indicate nella scheda sopra citata.

Per particolari esigenze, oltre al calcolo semplificato di cui sopra, possono essere utilizzati metodi informatizzati o metodi che consentono di considerare, oltre alla componente cielo SC, anche il contributo della luce riflessa dall'esterno ERC e di quella riflessa dall'interno dello spazio considerato IRC, e che hanno minori limiti di applicazione.

Dalla letteratura, con particolare riferimento alle “Linee guida per l'utilizzazione della luce naturale” Report RdS/2010/203 della Università di Roma Sapienza - Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA, si desume che lo scarto relativo tra i valori calcolati e quelli ottenuti dalle sessioni di misura è, in genere, sensibilmente variabile. Si tratta comunque di variazioni massime del 20%, imputabili alle approssimazioni del metodo previsionale semplificato ed alle ipotesi del programma di calcolo utilizzato.

Pertanto, considerato che gli Enti di controllo devono accertare il rispetto del requisito a opera eseguita in base a misurazioni in situ, il progettista deve valutare l'opportunità di effettuare approfondimenti anche con metodi informatizzati o che consentono di considerare anche le componenti riflesse e operare scelte progettuali volte al raggiungimento del rispetto del requisito anche in fase di collaudo, in particolare se in fase di progetto un singolo ambiente, oggetto di verifica in base al metodo indicato nella scheda D.4.1, presenta un valore del fattore medio di luce diurna inferiore al valore limite incrementato del 20%

Al fine di ottimizzare la progettazione dell'illuminazione naturale, i fattori da considerare comprendono:

- la componente trasparente dell'involucro edilizio;
- la componente schermante dell'involucro edilizio;
- la componente di conduzione della luce (mediante appositi dispositivi come camini e guide di luce, in grado di assicurare la penetrazione della luce naturale anche all'interno di ambienti non direttamente dotati di finestre sull'esterno).

Tali fattori permettono, se considerati in modo organico:

- il controllo delle condizioni di luce in ambiente (illuminamento, uniformità di illuminamento, resa del contrasto e direzionalità della luce, resa cromatica);
- il controllo della radiazione solare diretta (abbagliamento);
- il controllo della luminanza delle superfici trasparenti (distribuzione delle luminanze in modo decrescente dall'alto verso il basso come ottimale per la percezione visiva);
- il controllo del colore della luce naturale in ambiente.

Tali parametri risultano fondamentali per ottenere un adeguato comfort luminoso degli ambienti interni.

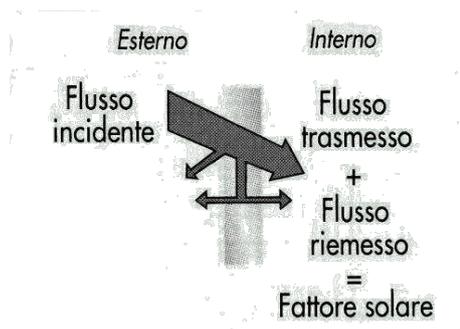
Per quanto concerne la componente trasparente dell'involucro edilizio, gli elementi vetrati si comportano come captatori della radiazione solare e contribuiscono in modo significativo al bilancio energetico dell'edificio nel riscaldamento invernale e nel raffrescamento estivo. L'energia scambiata è la somma del contributo imputabile alla conduzione, a causa della differenza di temperatura tra l'aria interna e l'aria esterna, e all'apporto della radiazione solare incidente. Il primo, rilevante nel periodo invernale a causa della maggiore differenza di temperatura tra l'aria interna e l'aria esterna, deve essere sempre ridotto al minimo, mentre il secondo rappresenta un guadagno energetico in inverno e un carico da eliminare in estate.

I principali fattori da considerare, ai fini di una corretta scelta dei sistemi di vetratura, sono:

- il fattore di trasmissione luminosa  $T_l$ ;
- il fattore solare  $g$ ;
- la trasmittanza termica  $U$ .

Il fattore di trasmissione luminosa  $T_l$  di un vetro, espresso in percentuale, rappresenta il rapporto tra il flusso luminoso trasmesso e il flusso luminoso incidente sulla superficie esterna del vetro.

Il fattore solare  $g$ , di una vetrata, espresso in percentuale, rappresenta il rapporto tra l'energia solare totale trasmessa nell'ambiente interno e l'energia solare incidente sulla superficie esterna della vetrata. Questa energia totale è, a sua volta, costituita dalla somma dell'energia solare introdotta nell'ambiente interno per trasmissione diretta e dell'energia ceduta dal vetro all'ambiente interno in seguito al suo riscaldamento per assorbimento energetico.



La trasmittanza termica  $U$ , espressa in  $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ , indica la potenza termica dispersa dal sistema di vetratura per ogni  $m^2$  di superficie e per ogni grado di differenza di temperatura tra l'esterno e l'ambiente interno.

Si riportano di seguito alcuni valori indicativi relativi a diversi di superfici trasparenti di tipo vetrocamera, caratterizzati da diversi abbinamenti di lastre vetrate.

Sistema di vetratura			Spessore [mm]	$T_l$ [%]	g [%]	$U$ [ $W/m^2 \text{ } ^\circ K$ ]	
n.	Vetro esterno	Vetro interno				aria	argon
1	Vetro chiaro	Vetro chiaro	6 (12) 6	79	72	2.8	2.6
2	Vetro chiaro	Vetro bassoemissivo	4 (16) 4	76	60	1.4	1.1
3	Vetro chiaro	Vetro bassoemissivo ad alte prestazioni	4 (16) 4	70	53	1.3	1
4	Vetro extra chiaro	Vetro bassoemissivo ad altissime prestazioni	4 (16) 4	80	75	1.5	1.3
5	Vetro colorato verde	Vetro chiaro	6 (12) 6	65	46	2.8	-
6	Vetro a controllo solare riflettente	Vetro chiaro	6 (12) 6	61	59	2.8	-
7	Vetro colorato verde	Vetro bassoemissivo ad alte prestazioni	6 (15) 6	63	39	-	1.1
8	Vetro a controllo solare riflettente	Vetro bassoemissivo ad alte prestazioni	6 (16) 6	59	49	-	1.1

In sintesi, queste tipologie possono essere così raggruppate:

- n. 1 – vetrocamera tradizionale;
- n. 2, 3, 4 – vetrocamera bassoemissivo per isolamento termico (livello di prestazione ottimo per il periodo invernale: alto fattore solare e bassa trasmittanza termica);
- n. 5, 6 – vetrocamera per controllo solare (livello di prestazioni buono per il periodo estivo: basso fattore solare);
- n. 7,8 – vetrocamera bassoemissivo a controllo solare (livello di prestazione ottimo per il periodo estivo e livello di prestazione buono per il periodo invernale: basso fattore solare e bassa trasmittanza termica).

Confrontando le diverse soluzioni, si possono effettuare le seguenti considerazioni:

- nella stagione invernale i sistemi più efficienti sono le vetrate bassoemissive per isolamento termico, specialmente per l'esposizione Sud e sul piano orizzontale. Il confronto tra diverse località evidenzia che al diminuire della disponibilità di energia solare, il parametro  $U$  assume un peso maggiore di  $g$ ;
- nella stagione di raffrescamento i sistemi più efficienti sono le vetrate bassoemissive per il controllo solare. Le prestazioni dipendono prevalentemente dal fattore solare  $g$  e poco dalla trasmittanza  $U$ . La peggiore esposizione è quella Orizzontale seguita nell'ordine da Est/Ovest, Sud e Nord;
- considerando le condizioni climatiche E ed F, risulta ottimale l'utilizzo di un vetrocamera bassoemissivo a controllo solare (tipologie 7 e 8).

## **Abbagliamento**

L'abbagliamento dovuto alla luce naturale dipende essenzialmente da:

- luminanza della porzione di cielo inquadrata dalla superficie vetrata;
- posizione e dimensione della superficie vetrata;
- contrasto di luminanza tra le superfici interne;
- presenza di superfici riflettenti esterne o interne.

Per il controllo dell'abbagliamento occorre innanzitutto compiere scelte progettuali tali da prevenire il verificarsi di tale fenomeno e, la dove queste non siano sufficienti, intervenire con dispositivi per la schermatura e la regolazione all'ingresso della luce o con l'impiego di vetri in grado di attenuare o regolare la trasmissione luminosa.

## **Ombreggiamento estivo e irraggiamento invernale delle superfici trasparenti**

*Obiettivi:*

- ottimizzazione dell'ombreggiamento delle chiusure esterne trasparenti per limitare gli apporti solari nel periodo estivo;
- riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento ambientale, basandosi sull'utilizzo di apporti solari passivi.

*Campo di applicazione:*

- progettazione volumetrica;
- progettazione delle superfici trasparenti dell'involucro edilizio;
- definizione della configurazione geometrica delle schermature solari (aggetti, schermature esterne).

*Indicazioni progettuali:*

Gli elementi trasparenti verticali, presenti nei quadranti di orientamento Est, Sud e Ovest, dovrebbero presentare un ombreggiamento uguale o superiore al 70% nel periodo estivo il 21 luglio alle ore 11, 13, 15, 17 (ora solare) ed inferiore al 30% nel periodo invernale il 21 dicembre alle ore 10, 12, 14 (ora solare).

La verifica della percentuale di ombreggiamento va effettuata mediante la definizione delle "maschere di ombreggiamento" relative alle schermature solari poste in corrispondenza di tutti gli elementi trasparenti che rispettano le suddette indicazioni progettuali. (con utilizzo del diagramma solare polare e del goniometro di ombreggiamento solare).

Le schermature solari dovrebbero essere presenti su tutte le superfici trasparenti degli spazi principali (ad esclusione degli ambienti di servizio come ad esempio ripostigli, cantine, garage, locali tecnici, ecc.).

Nel caso esistano elementi trasparenti posti sulle facciate dell'edificio ombreggiati a causa di ostacoli interni o esterni al lotto il 21 luglio alle ore 11, 13, 15, 17 (ora solare), tali elementi non si considerano ai fini del soddisfacimento delle suddette indicazioni progettuali.

Le indicazioni progettuali si intendono soddisfatte soltanto se tutte le superfici trasparenti, salvo quelle escluse ai sensi del precedente paragrafo, esposte nei quadranti di orientamento Est, Sud ed Ovest, sono dotate di schermature solari esterne.

Sono preferibili i seguenti sistemi di schermature solari esterne:

- aggetti verticali od orizzontali dell'involucro edilizio;
- persiane a lamelle orientabili;
- tende esterne ad aggetto;
- frangisole esterni a lamelle orientabili, verticali o orizzontali, anche all'interno dell'intercapedine di facciate a "doppia pelle".

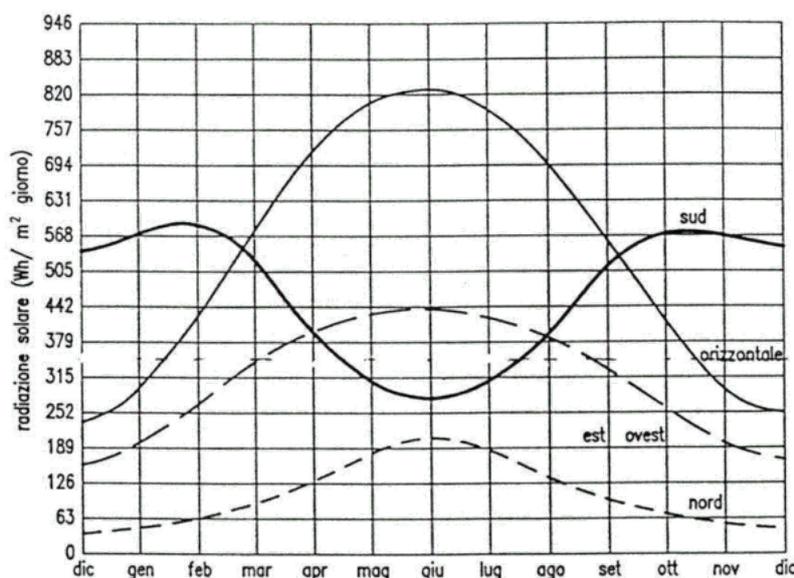
I sistemi a "tapparella", tende interne, persiane a lamelle non orientabili o sistemi inseriti in vetrocamera presentano efficacia decisamente inferiore.

Al fine di minimizzare gli apporti solari estivi indesiderati, che possono causare situazioni di surriscaldamento degli ambienti interni, ma nello stesso tempo massimizzare gli apporti di calore da irraggiamento invernale, è necessario controllare:

- le ombre portate da ostacoli interni o esterni al lotto sull'area di edificazione ed in particolare

sulle facciate e sulla copertura dell'edificio;

- la posizione, la dimensione e le caratteristiche tecnologiche delle chiusure trasparenti;
- la posizione, la dimensione e le caratteristiche degli oggetti esterni dell'organismo edilizio e degli elementi di ombreggiamento esterni anche mobili (tende e schermi frangisole);
- la posizione, la dimensione e le caratteristiche di eventuali elementi di vegetazione interni al lotto.



Per quanto riguarda i sistemi schermanti, le schermature si distinguono:

- dal punto di vista della geometria, in orizzontali e verticali;
- dal punto di vista della posizione, in esterne e interne;
- dal punto di vista della gestione, in fisse e operabili.

Le schermature orizzontali (a soletta o a doghe) sono efficaci se di dimensioni opportune e collocate sulla facciata Sud dell'edificio; in tal caso impediscono la penetrazione della radiazione diretta nelle ore centrali delle giornate estive, consentendo l'apporto solare invernale.

Le schermature verticali (a parete o a doghe) sono efficaci, invece, con orientamenti est e ovest. In particolare, alla latitudine di Torino gli schermi verticali a parete (ad esempio, le fiancate di una loggia incassata) sono utili negli orientamenti S-SE e S-SW, mentre quelli a doghe (possibilmente ad inclinazione variabile) funzionano bene negli orientamenti SW-NW e SE-NE.

Particolare attenzione dovrà essere posta all'ombreggiamento delle superfici trasparenti poste sulla copertura, poiché nel periodo estivo la copertura risulta la porzione di involucro edilizio che riceve la massima quota di irraggiamento rispetto alle altre superfici (facciate verticali comunque esposte).

### **Apporto solare per superfici variamente orientate nell'arco dell'anno, alle nostre latitudini**

Le schermature esterne sono molto più efficaci di quelle interne come strumento di controllo solare, in quanto respingono la radiazione solare prima che raggiunga la superficie del vetro, evitando che questo si riscaldi e si inneschi un micro effetto serra tra superficie dello schermo e vetro (come può accadere se lo schermo è interno).

Il re-irraggiamento nel campo dell'infrarosso, inoltre, prodotto dalla superficie dello schermo, quando riscaldata dai raggi solari (riducibile, ma mai annullabile, utilizzando superfici a bassa emissività), viene disperso se la posizione dello schermo è esterna, mentre contribuisce ad incrementare la temperatura dell'ambiente in cui è collocata la finestra, se lo schermo è posto all'interno.

Nella localizzazione degli edifici, il rapporto di confrontanza (in questo caso, il rapporto tra la

distanza, tra la facciata est, sud ed ovest di un edificio e un ostacolo posto nel semicerchio d'orizzonte antistante, e l'altezza della facciata stessa), sia rispetto agli edifici esistenti, sia rispetto agli edifici in progetto (nel caso di complesso composto da più unità edilizie), deve essere tale da consentire un sufficiente irraggiamento dell'involucro edilizio nel periodo invernale.

Forma e tipi edilizi devono essere scelti in modo da garantire il soddisfacimento di tale requisito, evitando, nel caso di rientranze e aggetti, ombre proprie portate dall'edificio stesso sulle chiusure esterne trasparenti delle facciate irraggiate.

Per quanto riguarda la vegetazione, si dovrà porre particolare attenzione a non collocare essenze arboree sempreverdi nel semicerchio d'orizzonte antistante la facciata Sud dell'edificio. Nel caso di essenze caducifoglie, si dovrà considerare il periodo di caduta delle foglie, evitando essenze in cui questo si prolunghi fino ad inverno inoltrato.

Per quanto riguarda le superfici esterne degli edifici, il colore delle stesse ha un significato energetico in quanto correlato con il coefficiente di assorbimento e di emissione delle superfici stesse. Un basso coefficiente di emissione collegato ad un elevato coefficiente di assorbimento determina un comportamento passivo della parte che tende a riscaldarsi al sole e trasmette parte di questa energia termica verso l'interno. Anche la rugosità delle superfici esterne influenza lo scambio termico che diminuisce con il crescere della rugosità superficiale.

### **Applicazione della nuova *Normativa Europea UNI EN 17037:2022***

Per ulteriori approfondimenti può essere inoltre utilizzata la *Normativa Europea UNI EN 17037:2022* che si occupa dell'apporto di luce naturale all'interno degli edifici. A livello europeo, si tratta del primo standard che tratta esclusivamente la progettazione e la disponibilità della luce naturale, per sostituire ed unificare numerose leggi nazionali europee.

La norma inizialmente ricorda l'importanza della luce naturale sul benessere e sulla salute degli utenti, sottolineando la necessità di fornire livelli di illuminamento sufficienti a svolgere le attività ed un contatto diretto con l'esterno, inoltre posa l'attenzione sul discorso del risparmio energetico dal momento che in presenza di luce naturale si è meno propensi ad utilizzare quella artificiale.

In particolare, i temi principali si legano alla capacità della luce naturale di fornire una qualità ed una quantità significative all'interno degli ambienti, elevate resa e variabilità dei colori, alle aperture che forniscono vista e contatto con l'esterno oltre che alla possibilità di esposizione degli interni alla luce del Sole, ma non traslascia la fornitura di un dispositivo schermante per risolvere il problema legato all'abbagliamento.

Lo scopo definito è collegato alla specifica di elementi per ottenere una luminosità naturale interna adeguata e fornire la vista verso l'esterno, insieme a raccomandazioni per la durata preferibile dell'esposizione alla luce solare ed un metodo di calcolo utile per verificare l'eventuale presenza di discomfort visivo.

Vengono inoltre forniti i livelli di raccomandazione minimi, medi ed elevati.

La sezione della valutazione della luce diurna viene affrontata secondo diversi livelli di lettura: la fornitura di luce diurna, la valutazione della vista dall'esterno, l'esposizione alla luce solare e la protezione dall'abbagliamento.

Il primo focus riguarda la fornitura vera e propria di luce diurna, descrivendo come la luce diurna possa contribuire all'illuminazione degli ambienti interni e come questa dipenda dalla presenza di ostruzioni esterne, dalla trasmittanza propria del vetro, dallo spessore della parete e dalla presenza di divisioni interne. Viene definito il piano di riferimento ad un'altezza di 0.85 m dal pavimento e si rimanda all'appendice A per quanto riguarda i valori per gli illuminamenti, in cui sono riportate diverse casistiche; viene richiesto che si raggiunga il livello di illuminamento target per almeno metà delle ore diurne.

Sono descritti due metodi di calcolo che consistono appunto nel Fattore di Luce Diurna sul piano di riferimento e sui livelli di illuminamento con un richiamo all'appendice B per raccomandazioni specifiche. Inoltre, viene esplicitata la procedura di verifica della fornitura di luce anche mediante software oppure misurazioni sul posto.

Il secondo step riguardante la valutazione della vista verso l'esterno viene trattato nel manuale a corredo della Scheda F3.7 Aspetti Sociali - Aspetti Percettivi - Criterio: Vista Verso L'esterno.

Il terzo punto riguarda l'esposizione alla luce solare, importante per contribuire al benessere dell'occupante e si ottiene raggiungendo un numero minimo di ore del giorno in cui l'ambiente riceve la luce solare diretta per un giorno dell'anno di riferimento. Per la cernita del giorno ed i valori raccomandati si fa riferimento all'appendice A mentre per i metodi di calcolo all'appendice D. La durata della luce solare in ingresso nell'ambiente può essere verificata infatti attraverso una procedura manuale o un software adeguato oppure sul posto tramite misurazioni geometriche e fotografie.

Come ultimo livello di lettura troviamo la protezione dall'abbagliamento, sensazione negativa conseguenza di luce solare diretta oppure di elevate differenze di luminanza tra aree scure ed aree brillanti. Per questo motivo, vengono consigliati dispositivi schermanti per ridurre appunto il rischio di discomfort visivo e la vista diretta verso il sole o un suo riflesso. In questo caso, le raccomandazioni sono presenti nell'appendice E.

La norma EN17037 presenta la DGP, Daylight Glare Probability, o Probabilità di Abbagliamento causato dalla Luce Diurna per gli spazi dedicati alla scrittura, alla lettura o all'utilizzo di dispositivi non modificabili dagli utenti. Vengono infine forniti dei valori soglia da non superare per una determinata frazione di tempo di utilizzo. La DPG è una formula empirica che tiene conto sia della luminanza delle sorgenti, dell'illuminamento all'altezza dell'occhio, dell'angolo solido sia anche della percezione dell'utente. In situazioni critiche, la DPG può essere approssimata tramite l'utilizzo di macchine fotografiche HDR con o senza obiettivo grandangolare.

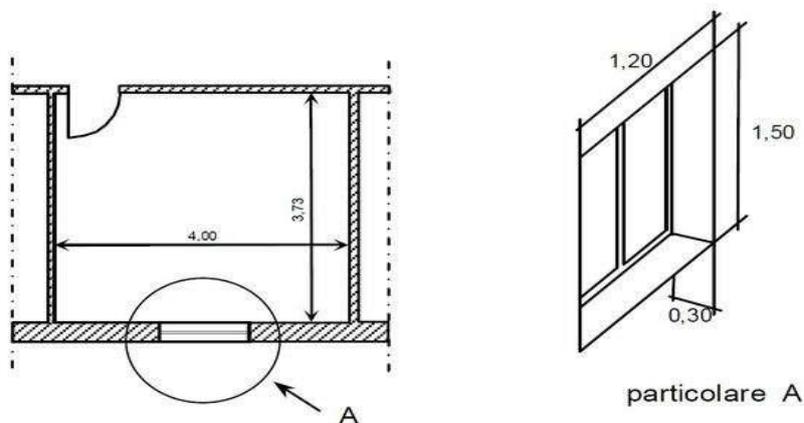
Infine, è importante sottolineare come la norma EN17037 introduca dei valori di Fattore di Luce Diurna che variano in base alla località di progetto, variando l'illuminamento esterno in base alla località.

La norma si applica a tutti gli spazi che possono essere regolarmente occupati da persone per periodi prolungati, tranne nei casi in cui la luce diurna è in contrasto con la natura e con il compito dell'effettivo lavoro svolto.

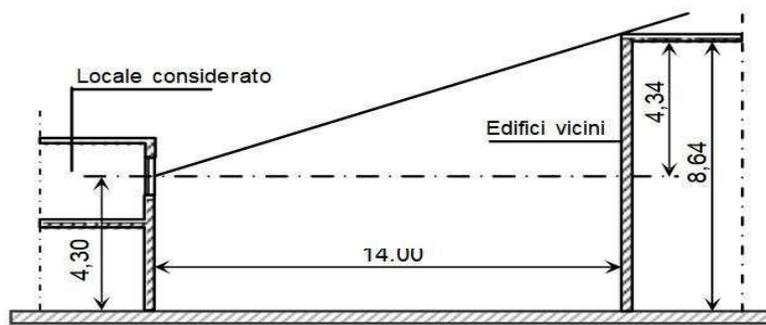
## ALCUNI ESEMPI

### Esempio di calcolo del fattore medio di luce diurna in fase di progetto

Si calcoli il fattore medio di luce diurna all'interno di un ufficio con permanenza significativa di lavoratori, di forma rettangolare di dimensioni in pianta 4,00 m x 3,73 m e altezza 2,70 m. Il progetto del locale prevede una sola finestra di superficie 1,8 m<sup>2</sup> e provvista di doppio vetro il cui fattore di trasmissione luminosa  $\tau_i$  è uguale a 0,81 (Tab.D.4.1b - scheda D.4.1). Le caratteristiche geometriche della finestra sono riportate in figura sottostante. Le pareti e il soffitto sono finite con intonaco di colore chiaro e il pavimento è di tinta chiara con  $\rho_m = 0,7$ .



Pianta e dettaglio della finestra



Di fronte alla finestra ad una distanza di 14 m si eleva un edificio alto.

Individuato il fattore si valuta, in considerazione del prospetto soprastante, sull'asse delle ascisse della figura D.4.1.a della Scheda D.4.1 il punto corrispondente al rapporto  $(H - h)/ L = 0,31$ , si traccia la verticale fino ad intersecare la curva nel punto corrispondente sull'asse delle ordinate, al valore del fattore finestra:  $\varepsilon_i = 36\%$ . - Ottenuti:  $h_f/ P = 1,50/0,30 = 5$  e  $l_f/ P = 1,20/0,30 = 4$  si trova, attraverso il grafico D.4.1.b della scheda D.4.1, il valore del fattore di riduzione:  $\psi_i = 0,86$ .

Ricavate in tal modo tutte le incognite, si applica la seguente formula:

$$\eta_m = \frac{\sum \varepsilon_i \cdot \tau_i \cdot A_i \cdot \Psi_i}{S \cdot (1 - \rho_m)}$$

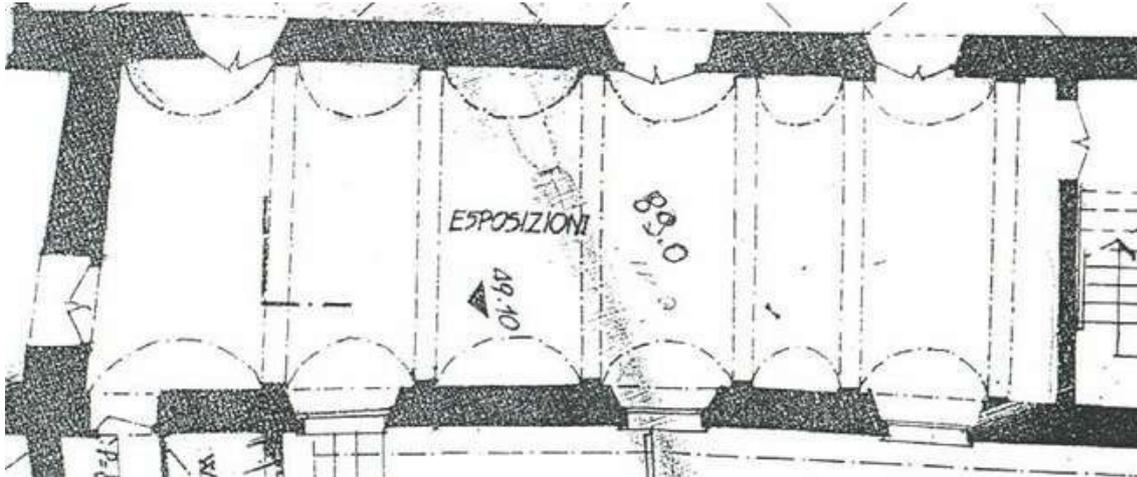
$$(0,81 \cdot 1,8 \cdot 0,36 \cdot 0,86) / [ 71,58 (1 - 0,7) ] = 0,0210$$

Risulta pertanto 2,10 % > 2% ( $\eta_{m,lim}$  indicato nella Tabella D.4.1.c della scheda D.4.1).

Tuttavia, in relazione a quanto espresso al precedente punto 2, considerato che il valore del fattore medio di luce diurna è inferiore al valore limite incrementato del 20% e che gli Enti di controllo devono accertare il rispetto del requisito a opera eseguita in base a misurazioni in situ, nel caso in esame il progettista deve valutare l'opportunità di effettuare approfondimenti anche con metodi informatizzati o che consentono di considerare anche le componenti riflesse e operare scelte progettuali volte al raggiungimento del rispetto del requisito anche in fase di collaudo. Ad esempio potrebbero essere operate scelte diverse per le finiture delle pareti e del soffitto utilizzando intonaco comune bianco con  $\rho = 0,8$  (Tab.D.4.1.a scheda D.4.1), pavimenti di tinta chiara con  $\rho = 0,5$  (Tab.D.4.1.a scheda D.4.1) e potrebbe essere ridotta a 0,20 mt la distanza tra la finestra e il filo della facciata onde ottenere un fattore di riduzione:  $\psi_i = 0,90$ . In tal modo il valore di  $\eta_m$  risulterebbe pari a circa 2,4 %. Si dovrà inoltre applicare quanto indicato al capoverso "Ombreggiamento estivo e irraggiamento invernale delle superfici trasparenti" del precedente punto 2 in relazione all'orientamento del locale.

### Esempio di calcolo del fattore di luce diurna in fase di progetto e verifica in fase di esercizio

Misura il fattore medio di luce diurna e lo confronta con il risultato calcolato nel caso di un locale esistente (aula esposizioni tesi di una Facoltà Universitaria). Nella seguente figura si riporta la pianta della sala che risulta trapezoidale (lato maggiore 16,2 [m], lato minore 15,4 [m], altezza del trapezio 5,6 [m] con quindi una totale superficie pari a circa  $S_t = 88$  [m<sup>2</sup>]).



### Misure eseguite

All'interno della sala si sono eseguite misure di illuminamento a finestre chiuse, senza schermature mobili (tende, avvolgibili, ecc.) e in assenza di illuminazione artificiale. È stato utilizzato un luxmetro Testo 545 sul piano di lavoro (piano a 80 [cm] dal pavimento) e distanza di almeno 1.0 m dalle finestre e 0.5 m dalle pareti.

Le misure (36) sono state effettuate al centro di 36 aree rettangolari eguali  $S_i = 1.44 \times 1.7$  [m<sup>2</sup>] in cui si è suddivisa la superficie in pianta. La tabella seguente riporta valori  $E_i$  in Lux ottenuti alle ore 15 di un giorno di Gennaio.

**Tabella illuminamenti rilevati nella sala (Lux):**

230	350	75	330	370	66	140	280	90
188	200	140	220	210	115	135	200	125
140	150	155	200	170	120	120	140	120
90	140	110	115	130	85	100	108	100

Il valore medio dell'illuminamento risulta pari a:

$$E_{IM} = 144 \text{ lux}$$

Contemporaneamente una seconda squadra, munita di un secondo luxmetro, ha proceduto a misurare l'illuminamento esterno su un terrazzo orizzontale della Facoltà curando opportunamente di schermare il luxmetro dall'*irraggiamento solare diretto*. Il valore rilevato alle ore 15 è risultato pari a  $E_{EM} = 11750$  lux.

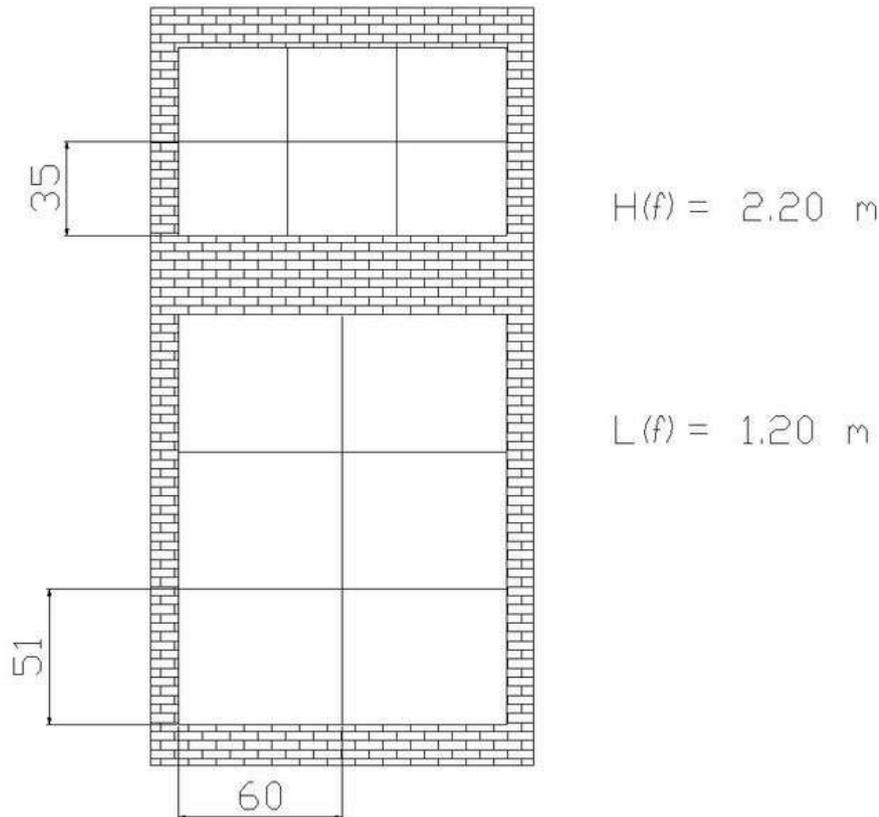
Il fattore medio di luce diurna risulta, quindi:  $\eta_m = E_{IM} / E_{EM} = 0,012$

Il risultato ottenuto evidenzia come l'illuminazione naturale della sala possa essere classificata carente al valore di  $\eta_{m,lim}$  pari a 2% indicato nella Tabella D.4.1.c della scheda D.4.1.

### Calcolo del fattore medio $\eta$ e confronto con il valore misurato

Si sono rilevate le seguenti informazioni relative alle caratteristiche della sala e dei serramenti:

- n° 3 finestre munite di vetri doppi a circa 20 [cm] dal filo esterno (1 finestra ha una totale superficie vetrata pari a  $A_f = 2.46$  [m<sup>2</sup>]) (vedi figura);
- altezza locale  $h_l = 4$  [m];
- due finestre sono libere mentre la terza è parzialmente ostruita.



I fattori di riflessione da assegnare alle varie superfici della sala derivano dalla tabella D.4.1.a della Scheda D.4.1.

Risulta quindi:

- superficie totale pareti laterali  $S_l = 171 \text{ m}^2$ ;  $\rho_l = 0.7$ ;
- superficie soffitto (supposto piano)  $S_s = 88 \text{ m}^2$ ;  $\rho_s = 0.7$ ;
- superficie pavimento  $S_p = 88 \text{ m}^2$ ;  $\rho_p = 0.4$ .

Calcolo di  $\rho_m$ :

$$\rho_m = \frac{171 * 0.7 + 88 * 0.7 + 88 * 0.4}{347} = 0.62$$

Vetri doppi con  $\tau = 0.64$

Calcolo di  $\varepsilon$ :

Dal grafico di figura D.4.1.a della Scheda D.4.1, poiché 2 delle 3 finestre sono quasi completamente libere, risulta  $H - h / L = 0$ , per cui  $\varepsilon = 0.47$ , mentre per la terza la parziale ostruzione della volta celeste comporta circa  $\varepsilon = 0.40$ .

Calcolo di  $\psi$ :

Risultando per ciascuna finestra:

- $L_f = 1.2 \text{ m}$ ;
- $p = 0.2$ ;
- $h_f = 2.2 \text{ m}$ .

si ottiene un rapporto  $L_f/p = 6$  ed un rapporto  $h_f/p = 11$  per cui il grafico di figura D.4.1.b fornisce  $\psi = 0.95$ .

Applicando la relazione:

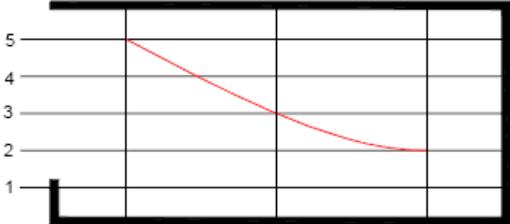
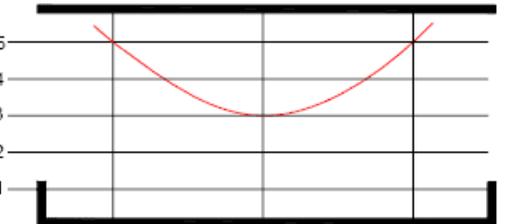
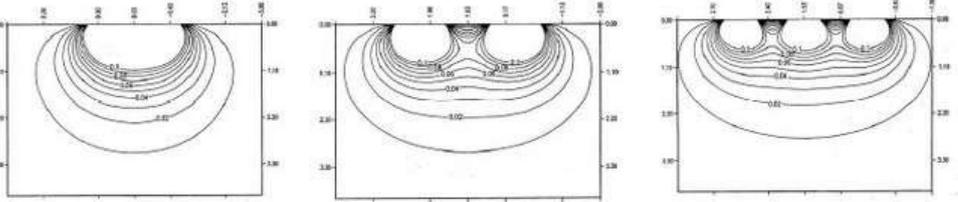
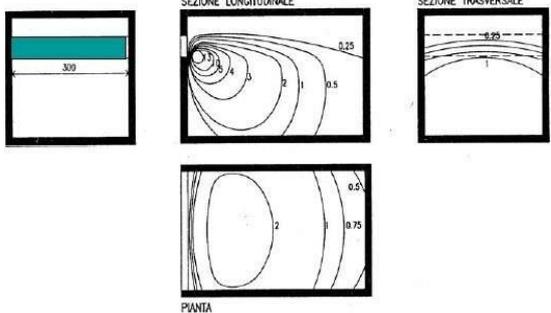
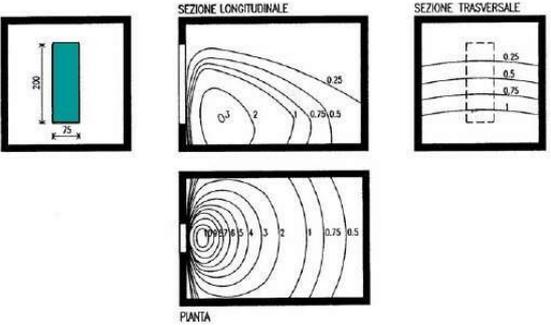
$$\eta_m = \frac{\sum \varepsilon_i \cdot \tau_i \cdot A_i \cdot \Psi_i}{S \cdot (1 - \rho_m)}$$

$$\eta_m = \frac{2 \cdot 0,47 \cdot 0,64 \cdot 2,46 \cdot 0,95 + 0,40 \cdot 0,64 \cdot 2,46 \cdot 0,95}{347 \cdot (1 - 0,62)} = 0,015$$

si può osservare che nel caso in esame il valore del fattore medio di luce diurna calcolato risulta in buon accordo col valore precedentemente misurato, comunque carente rispetto al valore di  $\eta_{m,lim}$  pari a 2% indicato nella Tabella D.4.1.c della scheda D.4.1.

Nel caso in esame si evidenzia la necessità di apportare adeguamenti per riportare il locale ad un fattore medio di luce diurna ( $\eta_m$ ) rispondente al valore limite di riferimento riportato in tabella D.4.1.c. Per avere maggiori garanzie che ad adeguamenti eseguiti il fattore medio di luce diurna ( $\eta_m$ ) misurato in situ risulti almeno pari al 2%, occorre predisporre un progetto di adeguamento operando scelte che consentano in tale fase il raggiungimento di tale valore limite incrementato del 20%. Ad esempio potrebbero essere utilizzati materiali e colori del rivestimento di pareti, soffitti e pavimento tali da ottenere in base alla tabella D.4.1.a della Scheda D.4.1. un valore di  $\rho_m$  almeno pari a 0.72 e doppi vetri stratificati con coating basso emissivo con  $\tau$  pari a 0,75 (Tabella D.4.1.b della scheda D.4.1). In tal modo il valore di  $\eta_m$  risulterebbe pari a circa 2.4 %. Si dovrà inoltre applicare quanto indicato al capoverso “Ombreggiamento estivo e irraggiamento invernale delle superfici trasparenti” del precedente punto 2 in relazione all’orientamento del locale.

Esempi di posizione e dimensione delle aperture:

<p>Nel caso di un'apertura posta su un solo lato l'illuminazione naturale diminuisce progressivamente allontanandosi dalla finestra</p>	
<p>Nel caso di due aperture poste su lati opposti del locale i valori dell'illuminazione naturale sono simili al caso precedente, ma la distribuzione della luce è più omogenea e con minori differenze tra i diversi punti dell'ambiente; il contrasto localizzato è minore.</p>	
<p>L'illuminazione bilaterale è migliore in quanto favorisce:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• maggiore omogeneità nella distribuzione della luce;</li> <li>• assenza di fenomeni di abbagliamento dovuti al contrasto.</li> </ul>
<p>Suddivisione della medesima area illuminante (1, 2 o 3 aperture della stessa superficie complessiva)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• la quantità di luce in ingresso è la medesima;</li> <li>• varia la distribuzione luminosa;</li> <li>• diminuiscono le zone d'ombra laterali via via che aumenta il numero delle aperture.</li> </ul>	
<p>Forma delle aperture</p>	
	<p>Apertura orizzontale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maggiore efficacia nelle immediate vicinanze delle aperture.</li> </ul>
	<p>Apertura verticale:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• maggiore penetrazione in profondità della luce</li> <li>• distribuzione più omogenea della luce</li> </ul>

Inoltre se l'ambiente è illuminato unilateralmente, è bene che sia verificato che:

$$L/W + L/H < 2/(1 - \rho_m)$$

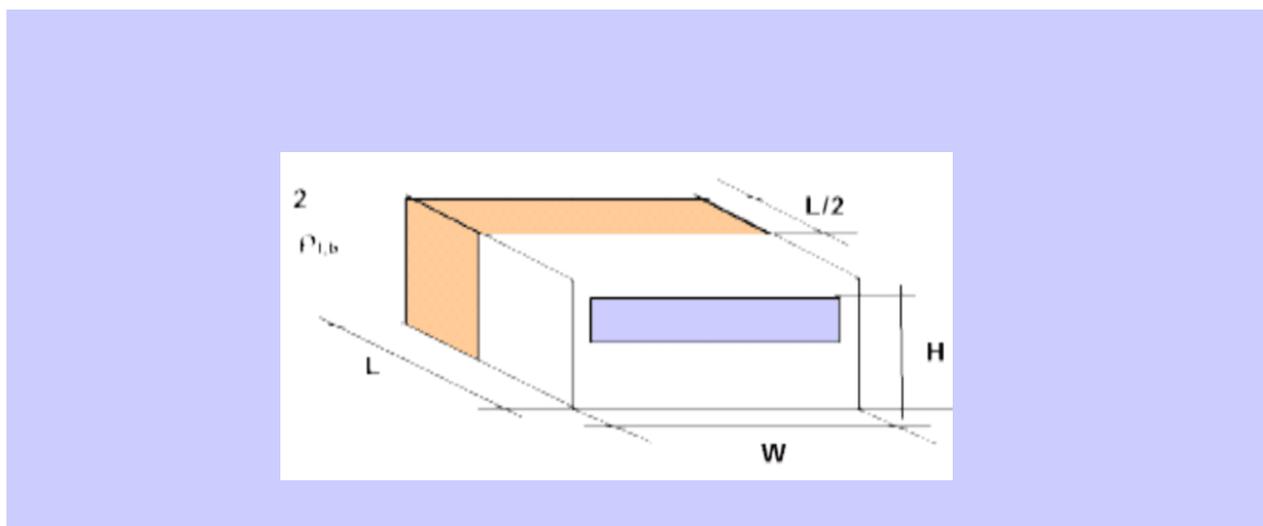
Dove:

L = profondità della stanza;

W = larghezza della stanza;

H = altezza dal pavimento del bordo superiore della finestra;

$\rho_m$  = coefficiente medio ponderato di rinvio delle superfici interne nella metà dell'ambiente più distante dalla finestra (in arancio in figura).



### Documenti di riferimento

- FISICA TECNICA - Calcolo del Fattore medio di luce diurna – Università degli Studi di Roma Tre, Facoltà di Architettura AA 2011-2012, Laboratorio di Progettazione 3 MB
- Scheda di applicazione progettuale 1 , Illuminazione naturale e fattore di luce diurna – Università IVAV di Venezia Alessandra Vivona , Fabio Peron Anno Accademico 2016-2017
- Allegato energetico – ambientale al regolamento edilizio della Città di Torino - Agenzia Energia e Ambiente di Torino – Citta di Torino
- L'illuminazione naturale degli ambienti (daylighting) - Disposizione tecnico-organizzativa (DTO 25.1/2014) ai sensi dell'articolo 7/III del RUE - Città di Castel San Giovanni Provincia di Piacenza Settore IV: Sviluppo Urbano
- “Linee guida per l'utilizzazione della luce naturale” Report RdS/2010/203 della Università di Roma Sapienza - Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA,
- Officine Green Building – Illuminazione naturale – Normative e protocolli, settembre 26, 2017/ in Pillole verdi
- “La verifica delle condizioni di illuminamento in ambienti confinati: approcci semplificati vs. approcci avanzati” Tesi di Laurea A.A. 2019-2020 Corso di Laurea Magistrale - Architettura per il Progetto Sostenibile

**CATEGORIA: Benessere visivo**

**CRITERIO:** Vista verso l'esterno

**INQUADRAMENTO SANITARIO E AMBIENTALE**

L'illuminazione naturale è importante per diversi aspetti che possono sintetizzarsi nel benessere fisiologico e psicologico degli individui.

È stato osservato che il senso di angoscia e di sconforto psicologico sono più frequenti nei lavoratori che esercitano la loro attività in locali senza finestre o con finestre che non garantiscono la visibilità all'esterno, soprattutto se si tratta di posti di lavoro fissi. Non è da sottovalutare infatti la connessione che si crea tra utenti e ambiente naturale: la possibilità di poter percepire il cambiamento della luce durante la giornata lavorativa o nel succedersi delle stagioni è un aspetto fondamentale per il nostro ritmo circadiano e per ridurre disturbi fisici e mentali. Sono stati riscontrati vari disturbi che vanno dalla semplice stanchezza e irritabilità a malattie gravi come la claustrofobia, la depressione o i disturbi del comportamento. Il giusto apporto di luce naturale favorirebbe l'aumento del 25% della capacità di concentrazione e del 30 % della resa lavorativa, la riduzione del 30% delle malattie influenzali e del 60% dell'assenteismo (dovuto anche alla SBS, la sindrome dell'edificio malato).

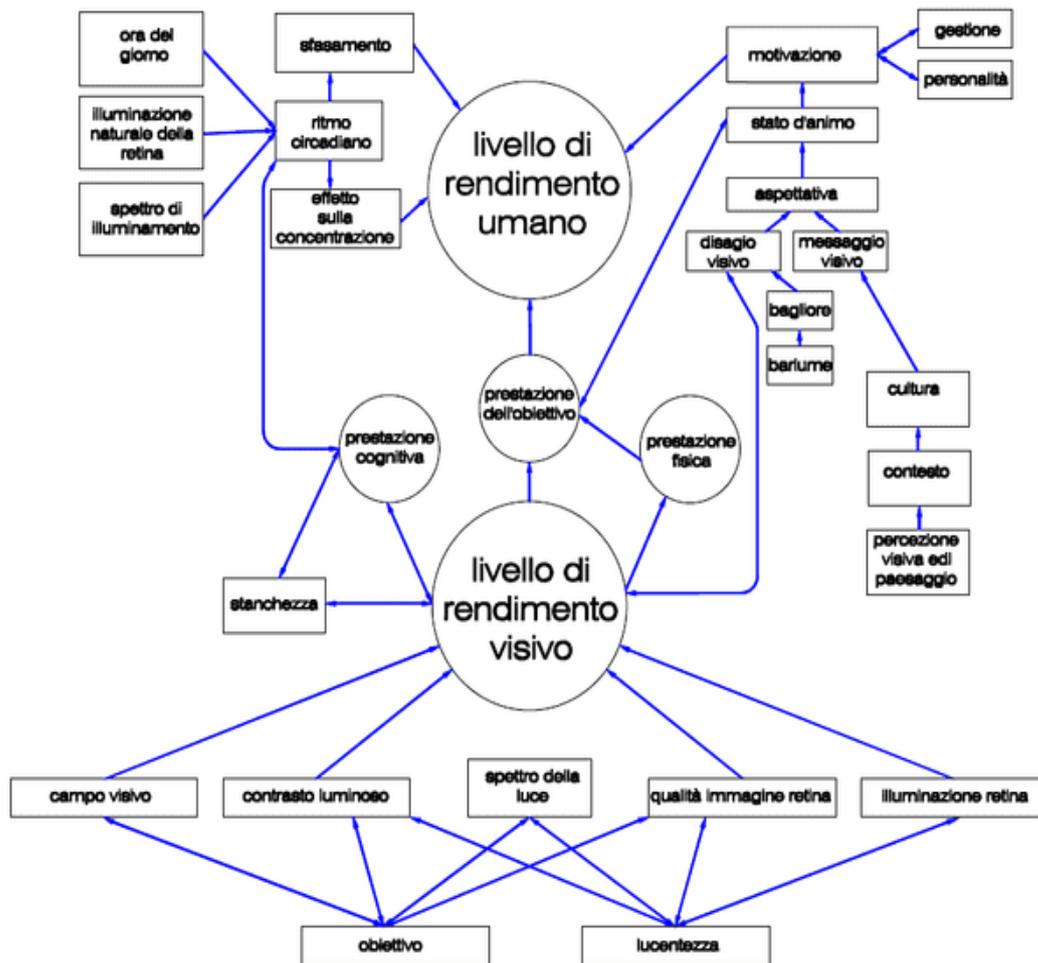
Tra i parametri che definiscono il requisito dell'illuminazione naturale e che sono oggetto di controllo si annovera la visibilità dell'esterno che deve tuttavia garantire la privacy.

**Visibilità dell'esterno**

La mancanza di contatto visivo con l'esterno è il maggior problema delle persone occupate in locali ove esistono vincoli nel ciclo di lavoro o altre esigenze specifiche connesse con la destinazione d'uso. Si deve ammettere che la riduzione della sensazione di benessere a causa della mancanza di luce naturale provoca anche la riduzione delle prestazioni. Anche l'illuminazione artificiale, il clima artificialmente monotono e l'aumento della sensibilità personale hanno un effetto negativo sulla psiche.

Per le ragioni sopra esposte è auspicabile che il progettista ponga da subito un'attenzione particolare all'orientamento dell'edificio, al disegno delle facciate e al rapporto interno – esterno, alla distribuzione degli ambienti interni per assicurarne l'affaccio verso l'esterno.

La vista verso l'esterno dal luogo di lavoro migliora in generale le condizioni di lavoro secondo le correlazioni riportate nello schema che segue.



## Privacy

Il progetto della vista verso l'esterno deve anche tutelare la riservatezza degli occupanti e quindi prendere in considerazione i necessari accorgimenti per garantire un'efficace privacy.

## APPROFONDIMENTI E INFORMAZIONI UTILI

### Tipologia dei serramenti

Le finestre sono lo strumento che permette la comunicazione visiva tra interno dell'edificio ed esterno. Questa possibilità viene però concessa qualora posizione della finestra e dimensioni, larghezza ed altezza, permettano una visuale verso l'esterno. Progettare questi aspetti è, quindi, parte fondamentale del progetto.

Inoltre le finestre possono essere raggruppate in diversi tipi a seconda della principale funzione che svolgono:

- illuminazione naturale;
- vista verso l'esterno;
- ventilazione naturale.

È frequente che uno stesso serramento svolga tutte e tre le funzioni, ma se così non fosse sarebbe opportuno prendere adeguati accorgimenti: posizionarla alla giusta altezza e dimensionarla correttamente. Per esempio, nel caso in cui la funzione della finestra sia soprattutto quella di illuminare gli ambienti interni, non sarebbe indispensabile collocarla in modo da consentire la vista verso l'esterno, e potrebbe essere posta anche in alto. Viceversa, se la funzione della finestra è

quella di consentire la vista esterna, è preferibile che l'apertura si trovi ad un'altezza standard e la dimensione sia adeguata a far godere del panorama.

### **Forma e posizione dei serramenti per garantire la vista verso l'esterno unitamente ad una sufficiente quantità di luce naturale**

Le finestre orizzontali, anche dette a nastro, garantiscono normalmente un'illuminazione costante nell'arco della giornata e favoriscono la vista panoramica. Con serramenti a sviluppo verticale si ha generalmente una variazione luminosa maggiore con il passare delle ore del giorno.

Attraverso una finestra la cui dimensione verticale è molto maggiore rispetto all'orizzontale, si potrà godere di una vista più completa che riuscirà ad accogliere cielo e terra; mentre, se il panorama di fronte ai nostri occhi è molto ampio nella dimensione orizzontale, pensiamo ad esempio ad un edificio su una collina o sul mare, allora varrà la pena progettare e successivamente realizzare una finestra molto larga a discapito, magari, dell'altezza.

Per assicurare una corretta distribuzione della luce la forma e la posizione delle finestre devono essere tali che il filo superiore della finestra sia il più alto possibile.

Se i posti di lavoro si ripartiscono all'interno del locale le finestre verticali rappresentano la soluzione migliore per garantire nello stesso tempo la quantità di luce naturale necessaria, la visione verso l'esterno e la penetrazione in profondità della luce.

Se i posti di lavoro sono disposti lungo le finestre, sono particolarmente adatte le aperture orizzontali di almeno un metro di altezza (vedi schemi fig.1 al paragrafo *ESEMPI*).

Quando si progettano gli ambienti di uffici e luoghi di lavoro, di divertimento, di svago, ecc., bisogna sempre considerare questi semplicissimi aspetti, ma fondamentali. Una visuale perfetta da una finestra posta ad un'altezza di 1,00 metro dal pavimento per un uomo alto 1,70 m non sarà allo stesso modo percepita da un bambino alto 1,20 m o, ad esempio, da un uomo seduto su una sedia.

Se progettiamo un soggiorno dovremmo considerare che gli utenti, molto probabilmente passeranno la maggior parte del tempo seduti sulle sedie, sulle poltrone o sui divani, e potranno apprezzare, ad esempio, la vista sull'esterno solo da questa posizione. Le viste dalle finestre sono importanti tanto quanto lo possono essere l'arredamento interno e la disposizione degli spazi, poiché riescono a donare sensazioni più o meno piacevoli: possono essere considerate proprio come parte integrante dell'arredamento.

Le finestre incorniciano un determinato luogo, sono delle vere e proprie cornici. L'oggetto del quadro oltre che interessante, deve poter venire visualizzato, altrimenti lo sforzo progettuale è vano. Consideriamo quindi l'occhio umano ed il campo visivo: lo sguardo normale si trova spesso sotto l'orizzonte e copre, generalmente, un campo visivo di 120° sul piano orizzontale e di 160° sul piano verticale.

A seconda della posizione quindi, l'uomo scopre l'ambiente che lo circonda ad altezze diverse: l'altezza degli occhi di un uomo seduto su una sedia sarà a circa 120 cm da terra, mentre gli occhi di un uomo seduto su una poltrona si troveranno ad un'altezza di circa 100 cm da terra; in piedi l'altezza aumenta fino ad 1,70 m per un uomo alto 1,80 m, mentre a letto l'altezza ovviamente si riduce fino a 80 cm da terra. I bambini fino ai 6-7 anni non riusciranno a superare un'altezza visiva superiore a 1,00 m.

Inoltre, la finestra ed il rapporto con l'esterno saranno visti diversamente in presenza o meno di un ostacolo visivo come stipiti, tende da sole, zanzariere, ecc. La vista frammentata procura un'impressione meno unitaria del panorama: essa riduce la larghezza visiva della stanza, così come ne riduce l'illuminazione.

Si pensi ad esempio alla sensazione sgradevole provata, seduti in un bar, in presenza di uno stipite esattamente all'altezza del nostro campo visivo, impedendoci di guardare cosa succede all'esterno: in tale situazione un vetro satinato coprente tutta la vetrina o una parte di essa, pur impedendo maggiormente la vista, donerebbe una migliore sensazione.

Ovviamente la posizione della finestra deve essere valutata anche in base alle esigenze tecniche ed estetiche dello spazio ed all'orientamento dell'edificio.

### **Le finestre alte**

Le finestre alte sono da preferire quando la funzione primaria della finestra è quella di ventilare gli ambienti. Fanno anche sì che la luce penetri con facilità e si distribuisca meglio e più uniformemente nella stanza.

### **Le finestre intermedie**

Le finestre intermedie sono consigliate quando la vista esterna è importante, ovvero in ambienti abitati.

### **Le finestre basse**

Le finestre basse sono svantaggiose sia per la vista che per la ventilazione e l'illuminazione ma possono essere necessarie in ambienti non abitati per esigenze tecniche o architettoniche.

Vedi schemi fig.2 al paragrafo *ESEMPI*

### **Forma e posizione dei serramenti per garantire la privacy**

Per motivi di privacy possono essere utilizzate le finestre poste ad una certa altezza rispetto al piano del pavimento che proteggono dagli sguardi indiscreti provenienti dall'esterno, facendo comunque entrare la luce dall'esterno e permettendo a chi sta all'interno di vedere il panorama o cosa succede all'esterno.

Questo effetto si accentua ancor di più se abbiamo a disposizione le finestre laterali: permettono una visuale più completa rispetto alle finestre alte o basse, evitando però gli sguardi diretti dell'esterno.

L'illuminazione dall'alto essendo indiretta, accresce l'intensità luminosa di una stanza evitando però gli effetti di abbagliamento.

Queste soluzioni creano un'illuminazione interna diffusa e confortevole.

Inoltre per garantire un'efficace privacy si possono adottare elementi di separazione visiva tra l'edificio e l'ambiente circostante, non completamente opachi; ad esempio l'adozione di schermature preferibilmente mobili (tende, tapparelle, ecc.) o microforate (veneziane a lamelle microforate, tende a trama larga, bande microforate) potrebbe essere un buon compromesso tra qualità della luce, controllo dell'introspezione esterna, aspetto architettonico).

Vedi schemi fig.3 al paragrafo *ESEMPI*

### **Applicazione della nuova Normativa Europea UNI EN 17037:2022**

Per ulteriori approfondimenti può essere inoltre utilizzata la *Normativa Europea UNI EN17037:2022*.

La vista verso l'esterno deve comprendere essenzialmente tre livelli distinti: uno strato a livello del cielo, uno a livello del paesaggio ed uno a livello del terreno.

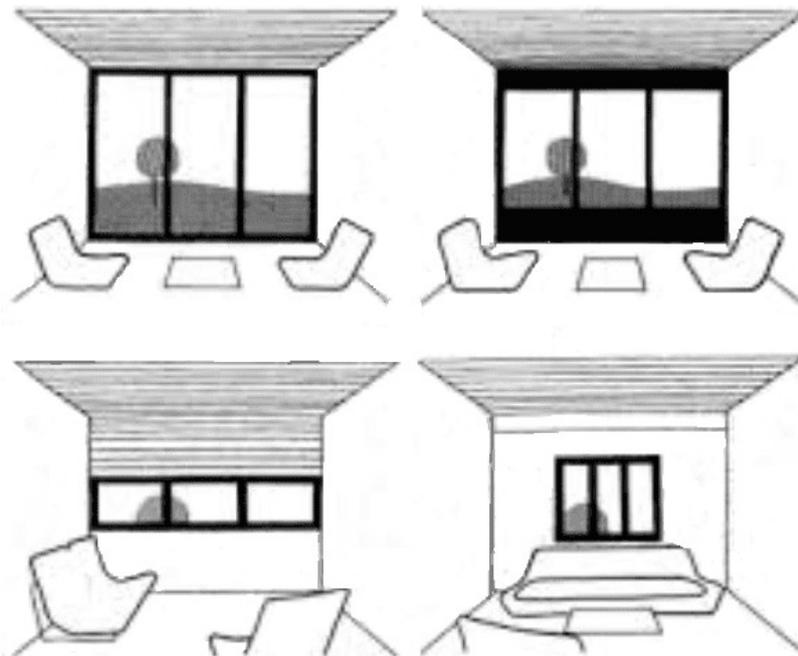
La qualità della vista invece è legata alla dimensione dell'apertura, alla larghezza della vista, alla distanza della vista, al numero di strati, alle qualità delle informazioni ambientali date dalla vista.

Per garantire la vista, devono essere soddisfatti fondamentalmente quattro criteri: il materiale dell'apertura dovrebbe fornire una vista con percezione nitida, non distorta e di colore neutro; le aperture destinate alla vista dovrebbero avere un angolo di visione orizzontale maggiore di un certo livello minimo; la distanza dalla vista esterna dovrebbe essere minore di un certo livello minimo; dovrebbe essere garantita la visione di un certo numero di strati di vista.

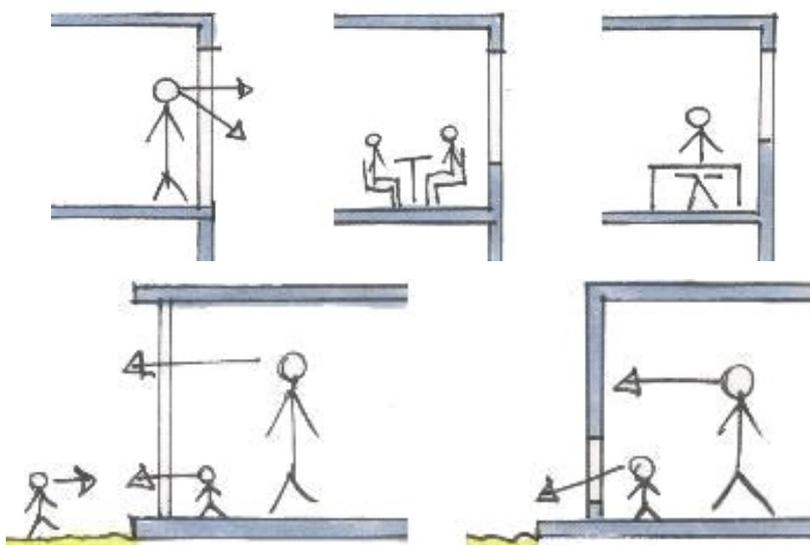
I valori previsti sono descritti nell'appendice A e nell'appendice C della norma, mentre le metodologie di verifica sono descritte nell'appendice C.

**ESEMPI**

Forma e posizione dei serramenti per garantire la vista verso l'esterno unitamente ad una sufficiente quantità di luce naturale



**Figura 1**



**Figura 2**

Forma e posizione dei serramenti per garantire la privacy

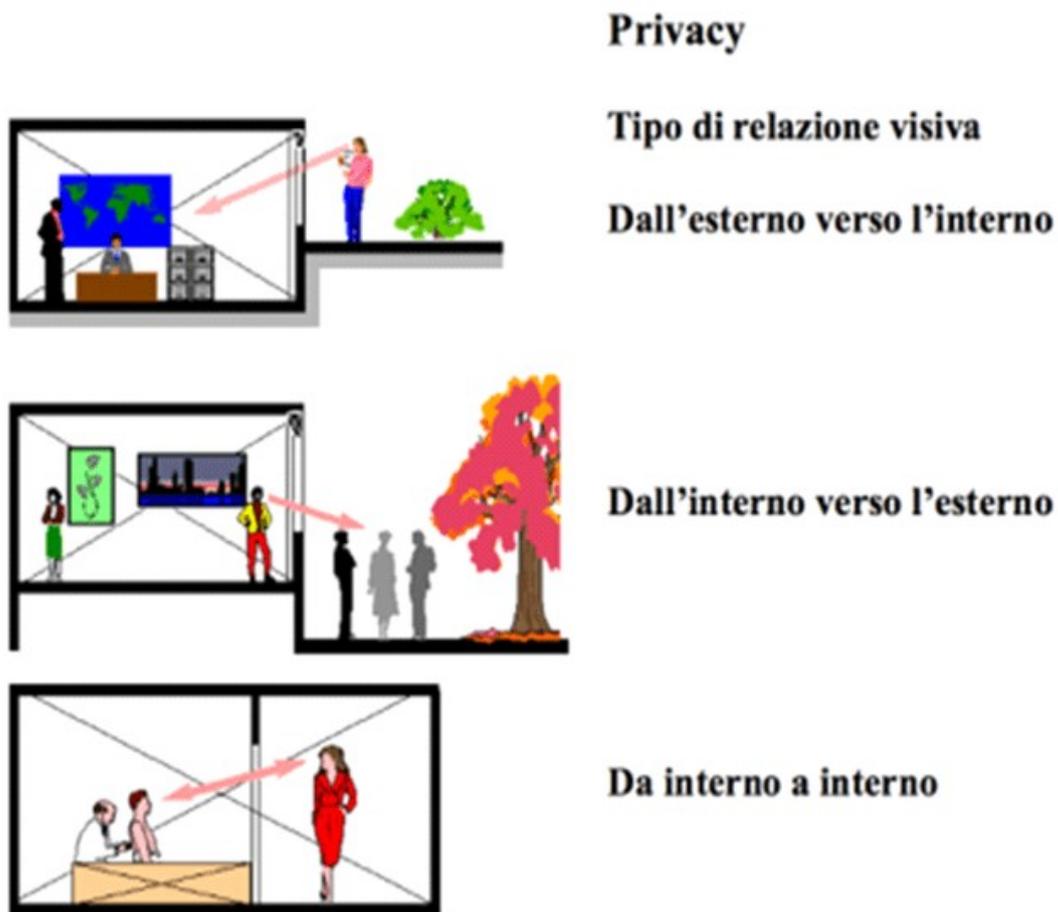


Figura 3

### Applicazione della nuova *Normativa Europea UNI EN17037:2022*

La vista all'esterno consente di seguire il corso della giornata.

Vista Angolo di visibilità

6 m  $\geq 14^\circ$

20 m  $\geq 28^\circ$  50 m  $\geq 54^\circ$

Piano di altitudine

Solo paesaggio

Paesaggio+1 altro piano

Paesaggio, terreno, cielo

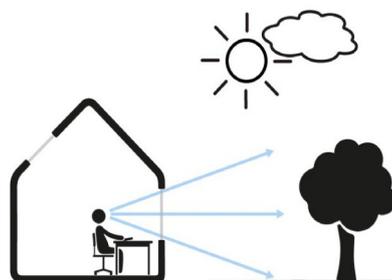


Figura 4

**Documenti di riferimento**

- Il Progetto della luce naturale – D.A.D.I.L. Vanvitelli Corso di Laurea Magistrale in Architettura, Laboratorio di Costruzione dell'Architettura IA aa 2015/2016 Prof.Sergio Rinaldi
- ARCHITETTURA ECOSOSTENIBILE.IT – Progettazione dei serramenti tipologia,dimensioni,posizione e orientamento
- ISOVER SAINT-GOBAIN Clima 34 G3 – LAVORI IN CASA .IT Progettare le finestre Arch.Valentina Cainero
- Officine Green Building – Illuminazione naturale – Normative e protocolli, settembre 26,2017/in Pillole verdi
- Green Building Magazine - numero 1 Anno 2018
- R.Casaburi,F.Prato,D.Vineis – Manuale pratico per la progettazione sostenibile, Edizioni Legislazione Tecnica 2016
- “La verifica delle condizioni di illuminamento in ambienti confinati: approcci semplificati vs. approcci avanzati” Tesi di Laurea A.A. 2019-2020 Corso di Laurea Magistrale - Architettura per il Progetto Sostenibile

**CATEGORIA: Benessere acustico**

CRITERIO: Indicatori di comfort acustico

**INQUADRAMENTO SANITARIO E AMBIENTALE**

Negli ultimi anni numerosi sono stati gli studi relativi all'influenza delle aule sull'apprendimento degli studenti. È infatti stato osservato che condizioni eccessivamente rumorose possono avere un impatto sulla salute degli studenti, sul loro modo di pensare e sui loro risultati scolastici.

Sia che si applichi un metodo di insegnamento classico o che si tratti di un ambiente di apprendimento più dinamico, è importante che la rumorosità delle aule sia sotto controllo. L'assenza di progettazione del confort acustico interno influenza sia le capacità dell'insegnante di trasmettere le conoscenze sia l'apprendimento degli studenti.

Quando il segnale vocale viene trasmesso in una sala con eccesso di riverberazione si creano fenomeni in cui la coda sonora interferisce sulla ricezione delle parole successive causando il loro mascheramento.

Perciò in queste condizioni, anche in assenza di specifici rumori interni o esterni, la comprensione della parola risulta scarsa e pregiudica la qualità dell'ascolto.

La riverberazione interna all'ambiente è importante anche per il controllo del rumore generato dagli occupanti. Per garantire una trasmissione della parola efficace, la riverberazione deve essere quindi contenuta in termini assoluti ma anche molto ben equilibrata tra le diverse frequenze.

Oltre alla giusta riverberazione che evita il mascheramento, la buona ricezione del segnale parlato necessita di riflessioni efficaci del suono, che mettano in maggior risalto il suono diretto proveniente dalla bocca dall'insegnante, rendendolo più nitido e quindi più comprensibile.

**APPROFONDIMENTI E INFORMAZIONI UTILI**

Le caratteristiche acustiche di un ambiente sono elementi fondamentali per ottenere un adeguato livello comunicativo e di confort, per far questo risulta essenziale definire i descrittori acustici che meglio rappresentano la qualità acustica di un ambiente.

La correzione acustica di un ambiente avviene mediante un'appropriata applicazione di materiali fonoassorbenti e/o riflettenti, con l'obiettivo di ottenere un tempo di riverberazione ottimale e una buona intelligibilità per tutti gli occupanti.

I rapporti dimensionali devono essere ben proporzionati evitando ambienti molto lunghi e stretti o eccessivamente bassi.

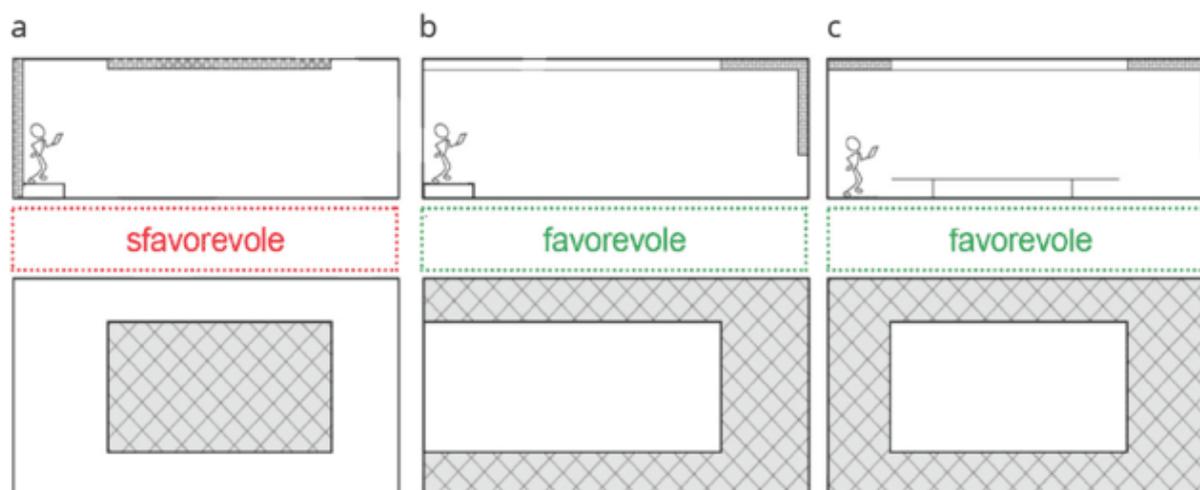
Una pianta rettangolare è preferibile mentre dovrebbero essere evitate piante circolari ed ellittiche per il rischio di concentrazioni del suono in alcune posizioni.

Altre forme quali piante trapezoidali, possono essere adottate con l'indicazione posizionare l'oratore sul lato più largo con le pareti che convergono nella direzione verso cui avviene la presentazione.

Pareti e soffitti concavi o voltati che abbiano finitura acusticamente riflettente sono da evitare in quanto determinano focalizzazioni sonore, così come pareti piane, parallele e riflettenti associate ad un soffitto fonoassorbente perché, come già detto, possono determinare echi ripetuti (flutter echo).

Negli ambienti di dimensioni più contenute, una buona visibilità dell'insegnante da tutte le posizioni d'ascolto, garantisce una buona trasmissione diretta della voce, situazione che non è garantita in ambienti di dimensioni maggiori e più lunghi, in questi casi per favorire la propagazione della voce dell'insegnante verso il fondo dell'ambiente, è consigliabile prevedere una pedana in corrispondenza della cattedra al fine di elevare la sorgente sonora e renderla visibile dagli studenti, la visione non schermata dell'insegnante (bocca in movimento, mimica e gestualità), migliora le condizioni di ascolto e risulta molto importante per le persone con limitate capacità uditive o non madrelingua.

Inclinare il piano dell'uditorio può essere molto utile nel caso di lunghe profondità al fine di garantire la migliore trasmissione diretta.



Negli ambienti più grandi invece spesso risulta necessario utilizzare il contributo delle riflessioni per incrementare il livello sonoro nelle posizioni più lontane, possono quindi essere aggiunti a soffitto o sulle superfici laterali pannelli con finitura riflettente, posizionati in modo da dirigere il suono verso l'area centrale e posteriore della sala.

Importante è definire fin da subito lo scopo con cui verrà utilizzata la sala, per il parlato queste superfici dovrebbero assorbire le basse frequenze e riflettere le medie e le alte.

#### ALCUNI ESEMPI

Nelle aule scolastiche è importante una distribuzione omogenea dei materiali fonoassorbenti considerando che devono essere applicati ad un'adeguata altezza da terra, questo per evitare danneggiamenti in quanto i sono tendenzialmente più delicati all'urto rispetto alle pareti strutturali.

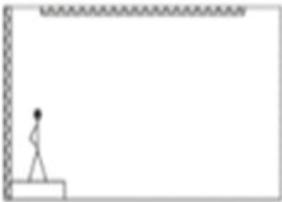
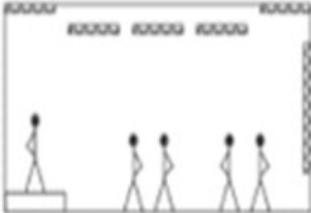
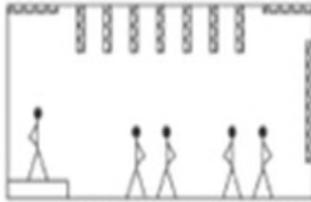
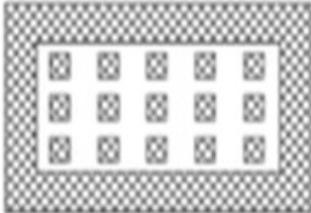
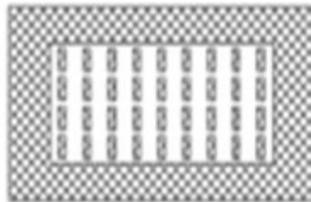
Le dimensioni delle superfici di assorbimento acustico devono essere adeguate ai valori calcolati in conformità all'Appendice C del progetto di norma UNI 11532-2:2019.

Per ambienti a pianta rettangolare, con pareti piane e nella condizione non arredata, se si interviene solo con un controsoffitto fonoassorbente, si rischia l'insorgere di eccessivi ritardi ovvero flutter echo.

Per ovviare a questa problematica risulta utile realizzare un soffitto centrale riflettente come mostrato nelle figure B.1 e B.1 f.

Tuttavia, per fini compensativi, le pareti dovranno essere parzialmente trattate con materiale fonoassorbente.

In ambienti con volume fino a circa 250 m<sup>3</sup>, in combinazione con una parete posteriore assorbente acusticamente (figura B.1 d) è possibile utilizzare un soffitto completamente assorbente.

Figura B1		
B1.a	B1.b	B1.c
		
		
SFAVOREVOLE	FAVOREVOLE	FAVOREVOLE
B1.d	B1.e	B1.f

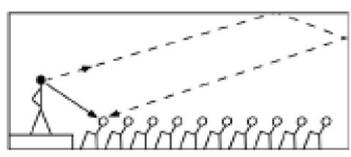
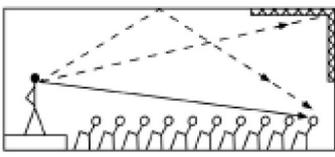
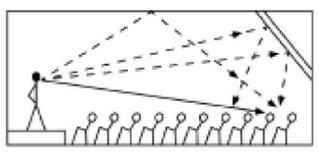
L'inserimento di tappeti o altro materiale tessile a pavimento, generalmente assorbe il suono solo ad alte frequenze e non basta come unica misura acustica.

L'assorbimento acustico di tendaggi oppure altri interventi di rivestimento interno, dipende fortemente dalla disposizione, dal materiale scelto e dalla superficie efficace disponibile.

Materiali performanti in bassa frequenza, sono molto efficaci nelle vicinanze della sorgente sonora, negli angoli o nei bordi della stanza.

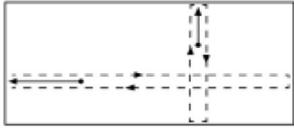
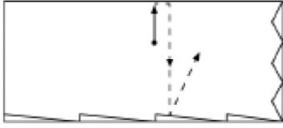
Negli ambienti con una lunghezza superiore a 9 m le pareti di fondo possono generare riflessioni così ritardate rispetto al suono diretto da ridurre notevolmente l'intelligibilità del discorso (Figura B.2a) in particolare nelle prime file.

In questo caso, le superfici dovranno essere trattate con materiale fonoassorbente o con superfici riflettenti inclinate in modo che il suono incidente si rifletta come contributo positivo presso gli ascoltatori lontani dalla sorgente sonora (vedere figure B.2 b e B.2 c).

Figura B2		
B2.a	B2.b	B2.c
		
SFAVOREVOLE	FAVOREVOLE	FAVOREVOLE

Per superfici parallele (figura B.3 a) almeno una delle superfici opposte deve essere predisposta ad assorbire il suono (Figura B.3 b e Figura B.3 c).

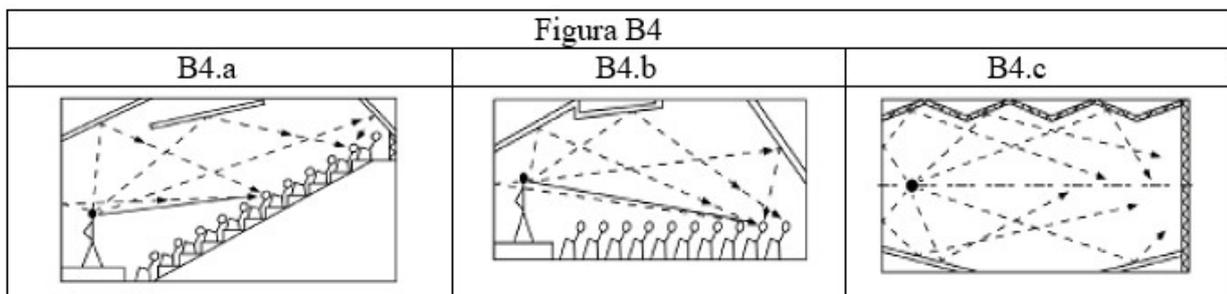
Ciò vale in particolare in ambienti più grandi che non prevedono una distribuzione di sedute a gradone. Anche una posizione obliqua delle superfici di almeno 5° è favorevole.

Figura B3		
B3.a	B3.b	B3.c
		
SFAVOREVOLE	FAVOREVOLE	FAVOREVOLE

Per aumentare il suono utile a distanze più lunghe e per conseguire una migliore intelligibilità del parlato, è necessario disporre superfici riflettenti idoneamente inclinate.

La parete dietro l'oratore e la parte centrale del soffitto, ove si generano le prime riflessioni che raggiungono gli ascoltatori, dovrebbero essere riflettenti alle medie ed alte frequenze.

Se il soffitto o le superfici della parete laterale non sono planari, i singoli elementi devono essere orientati in modo tale che il suono sia diretto nell'area di ascolto d'interesse: centrale e posteriore (Figura B.4).



Negli ambienti con geometrie rettangolari e superfici lisce (per esempio palestre e piscine), nel caso di distribuzione svantaggiosa di superfici fonoassorbenti, si possono verificare tempi di riverberazione molto lunghi rispetto a quanto previsto con i metodi di calcolo indicati in UNI 11532-1.

Al fine di prevenire questo effetto, devono essere utilizzate combinazioni di materiali fonoassorbenti e diffondenti su almeno una parete.

In ogni caso, è possibile effettuare previsioni più precise applicando metodi avanzati di calcolo.

### Riferimenti normativi

- UNI 11532-1 - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 1: Requisiti generali
- UNI 11367 + EC 1 + EC 2 - Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera
- UNI EN 12354-3 + EC 1 - Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea
- UNI EN 12354-5 + EC 1 - Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici
- UNI EN 12354-6 - Acustica in edilizia - Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi
- UNI 8199 Acustica in edilizia - Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti
- UNI EN 15251 - 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

- ISO 17772-1 - Energy performance of buildings -- Indoor environmental quality Indoor environmental input parameters for the design and assessment of energy performance of buildings
- UNI EN ISO 3382-1 - Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti – Parte 1: Sale da spettacolo
- UNI EN ISO 3382-2 + EC 1 - Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari
- UNI EN ISO 16032 - Acustica - Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici - Metodo tecnico progettuale UNI CEI 70098-3 - Incertezza di misura - Parte 3: Guida all'espressione dell'incertezza di misura
- UNI EN ISO 12999-1 - Acustica - Determinazione e applicazione dell'incertezza di misurazione nell'acustica in edilizia – Parte 1: Isolamento acustico
- CEI EN 60268-16 - Apparecchiature per sistemi elettroacustici - Parte 16: Metodi di valutazione dell'intelligibilità del parlato per mezzo dell'indice di trasmissione del parlato
- UNI 11532-2:2020 Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 2: Settore scolastico

**CATEGORIA: Benessere acustico**

CRITERIO: Qualità acustica dell'edificio

**INQUADRAMENTO SANITARIO E AMBIENTALE**

Negli ambienti di vita, così come negli ambienti di lavoro, l'esposizione al rumore rappresenta uno dei fattori che maggiormente influenzano la qualità ambientale indoor. L'inquinamento acustico, prodotto da sorgenti interne ed esterne, determina scenari nei quali ai livelli di rischio uditivo ed extrauditivo per la salute dei lavoratori, si uniscono livelli di peggioramento e degrado della qualità e della vivibilità degli ambienti.

La progettazione dei nuovi ambienti di vita e di lavoro deve affrontare tutti gli aspetti legati alla definizione, correzione e qualificazione dei suoni che contribuiscono a rendere gradevole la fruizione di un ambiente e la protezione dai rumori che lo disturbano.

Al pari degli effetti uditivi (ipoacusie, patologie vestibolari, traumi acustici, acufeni), che possono alterare in modo temporaneo o permanente lo stato di salute delle persone esposte, gli effetti extrauditivi e l'annoyance meritano di essere considerati da chi si occupa di salute nei luoghi di vita e di lavoro.

Tra gli effetti extra-uditivi si segnalano patologie a carico degli apparati cardiovascolare, endocrino, vestibolare e visivo e muscoloscheletrico con effetti fisiologici correlati al rumore quali vasocostrizione, ipertensione, aumento della frequenza cardiaca.

L'annoyance interferisce sulla comunicazione verbale, provoca disagi comportamentali e relazionali, disturbi dell'apprendimento, modifica l'efficienza lavorativa, riduce la memoria, genera astenia, disturbi del sonno e conseguente aumento di assunzione di farmaci ipotensivi e psicofarmaci

ANNOYANCE: "un sentimento di scontentezza, riferito al rumore, che l'individuo sa o crede che possa agire su di lui in modo negativo; questo fastidio è la risposta soggettiva agli effetti combinati dello stimolo disturbante e di altri fattori extraesposizionali di natura psicologica, sociologica ed economica.

DISTURBO: alterazione temporanea o di un sistema, obiettivamente attraverso procedure cliniche e strumentali.

DANNO: alterazione non reversibile o solo parzialmente reversibile di un organo o di un sistema obiettivamente da un punto di vista clinico e /o anatomico-patologico.

**APPROFONDIMENTI E INFORMAZIONI UTILI**

Le nuove Linee Guida OMS, che fanno riferimento al rumore ambientale ma forniscono spunti molto utili applicabili anche in ambito occupazionale, si pongono come obiettivo principale valutare qual è, tra la popolazione generale esposta al rumore, il rapporto tra esposizione (misurabile attraverso vari indicatori) e il numero di persone che soffrono di patologie correlate all'esposizione stessa. Le molteplici evidenze sono state raggruppate in sette categorie corrispondenti a specifici effetti sulla salute derivanti da esposizione al rumore, così definite:

- annoyance,
- effetti cardiovascolari e metabolici,
- disturbi cognitivi e dell'apprendimento,
- effetti sul sonno,
- ipoacusia e tinnito,
- effetti negativi sulla gravidanza e sulla nascita,
- effetti sulla qualità della vita, sulla salute mentale e sul benessere.

## Normativa

- UNI EN 12354-1:2017 Acustica in edilizia - Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti
- UNI EN 12354-2:2017 Acustica in edilizia - Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento acustico al calpestio tra ambienti
- UNI EN 12354-3:2017 Acustica in edilizia - Valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti – Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea
- UNI/TR 11175:2005 Acustica in edilizia – Guida alle norme della serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale
- UNI 11367:2010 Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera
- DPCM 5 dicembre 1997 Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici
- UNI 11175-1:2021 Acustica edilizia – Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Parte 1: Applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale
- UNI 11175-1:2021 Acustica edilizia – Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Parte 2: Dati di ingresso per il modello di calcolo

## Documenti per approfondimenti

- Environmental Noise Guidelines for the European Region – WHO Regional Office for Europe 2018

## ALCUNI ESEMPI

I livelli di isolamento acustico per le singole partizioni sono distinti in prestazione di base e superiore per i descrittori acustici oggetto di calcolo (previsione) e di misura (collaudo).

Prestazioni superiori si possono ottenere in sede di progettazione curando i singoli componenti edilizi, tenendo presente le seguenti considerazioni generali.

- pareti di separazione verticali;
- solai;
- giunti di collegamento.

Le pareti di separazione fra ambienti adiacenti possono presentare stratigrafie leggere o pesanti evitando che la frequenza di risonanza e la frequenza di coincidenza si trovino in corrispondenza del tipico spettro medio della voce umana.

L'attenuazione del rumore impattivo si può realizzare inserendo un massetto galleggiante costituito da un pacchetto che si appoggia sul solaio portante che si compone, a partire dal solaio grezzo, di uno strato di materiale resiliente sul quale si sovrappone una piastra costituita da un massetto tradizionale o a secco, sulla quale viene poi applicata la pavimentazione. Per garantire una corretta posa in opera, è necessario verificare che il massetto di livellamento a copertura degli impianti sia privo di asperità superficiali e che il sottofondo venga posato in modo da evitare discontinuità.

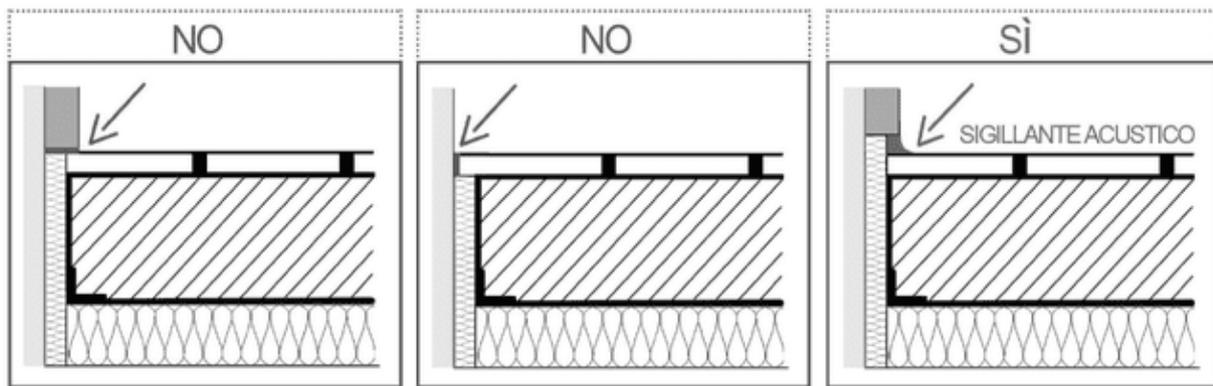
Il potere fonoisolante e l'inserimento dei rumori impattivi di una partizione in opera esprimono la quantità di energia sonora trasmessa nelle condizioni reali di utilizzo prendendo in considerazione, oltre alla trasmissione diretta attraverso la partizione, anche gli eventuali percorsi di trasmissione aerea e di trasmissione laterale dovuti alle strutture adiacenti la partizione.

La trasmissione laterale può essere ridotta nelle seguenti modalità:

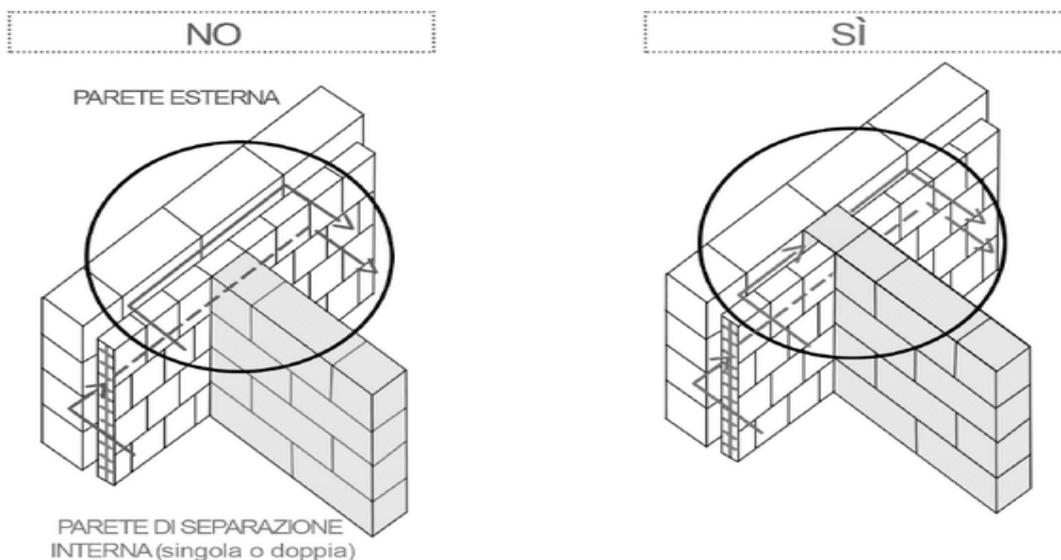
- aumentando la massa degli elementi connessi alla parete di separazione lungo i quali ci possa essere trasmissione laterale;
- introducendo discontinuità sul percorso di trasmissione laterale proseguendo la parete di separazione oltre la linea del giunto di collegamento;

- realizzando prima la parete di separazione e poi il controsoffitto, evitando la presenza di un controsoffitto continuo tra due ambienti che oltrepassi la parete di separazione;
- applicando una controparete fonoisolante all'elemento laterale per incrementare il potere fonoisolante;
- realizzando il massetto galleggiante dopo aver posto in opera le pareti di separazione, interrompendo così la trasmissione del rumore lungo il massetto comune a tutti gli ambienti.

Le immagini seguenti esemplificando buone/cattive prassi realizzative.



**Posa del massetto galleggiante: esempi di buone / cattive prassi**



**Realizzazione giunti: esempi di buone / cattive prassi**

**CATEGORIA: Inquinamento elettromagnetico**

CRITERIO: Campi magnetici a frequenza industriale

**INQUADRAMENTO SANITARIO ED AMBIENTALE**

Onde elettromagnetiche di frequenze diverse interagiscono in maniera differente con i sistemi biologici. Gli effetti variano considerevolmente a seconda del parametro preso in considerazione e del bersaglio ma sono strettamente legati alla frequenza.

Si distingue tra due tipologie di effetti sulla salute:

a) effetti **acuti**, legati ai meccanismi di interazione dei campi elettrici e magnetici con i sistemi di cariche elettriche del corpo umano (orientamento molecole polari, modifica flussi ionici della membrana cellulare, ecc.). Tali effetti sono caratterizzati da un impatto a soglia di tipo deterministico (superata una certa soglia, al crescere dell'intensità dell'esposizione cresce anche l'intensità dell'effetto). Tra gli effetti acuti, per esposizione a campi a basse frequenze prevalgono fenomeni legati alla stimolazione del sistema nervoso (centrale e/o periferico), mentre per esposizione a radiofrequenze e microonde prevalgono effetti di tipo termico (riscaldamento dei tessuti);

b) effetti **a lungo termine**, ipotizzati per esposizioni al di sotto delle soglie degli effetti acuti, ma prolungate nel tempo. Per questa tipologia di effetti, caratterizzati da un impatto di tipo probabilistico (al crescere dell'intensità dell'esposizione cresce la probabilità di un dato effetto), non sono del tutto chiari i possibili meccanismi biologici di interazione, ma vi sono alcune evidenze di tipo statistico da studi epidemiologici. Sulla base di queste evidenze, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (AIRC) ha classificato il campo magnetico a bassa frequenza ed i campi elettromagnetici a radiofrequenza tra i "possibili cancerogeni".

**APPROFONDIMENTI ED INFORMAZIONI UTILI**

Sono sorgenti di campi a bassa frequenza (ELF: "Extremely Low Frequencies") gli elettrodomestici, i macchinari industriali, alcuni sistemi di trazione (ad esempio le linee ferroviarie ad alta velocità) e, con particolare contributo dal punto di vista delle emissioni, le linee di trasmissione e distribuzione di energia elettrica e tutti gli impianti ed apparati ad esse connessi (stazioni elettriche, cabine di trasformazione, quadri elettrici, ecc.).

L'intensità di questi campi elettromagnetici è funzione, oltre che delle caratteristiche della sorgente di emissione, anche della distanza da essa.

Il **campo elettrico** dipende dal livello di tensione della sorgente, mentre il **campo magnetico** dipende dalla corrente che fluisce nei conduttori.

I **campi elettrici**, misurati in volt per metro (V/m), generati a queste frequenze risultano facilmente schermabili da qualsiasi materiale (e quindi non sono presenti a livelli significativi se la sorgente è chiusa in un locale confinato o se c'è un ostacolo tra sorgente e recettore) mentre, al contrario, sono necessari specifici accorgimenti e l'adozione di materiali specifici per il contenimento e la schermatura dei **campi magnetici** la cui unità è il Gauss o il Tesla.

Per quanto concerne l'esposizione al campo magnetico a bassa frequenza, il riferimento per la tutela della popolazione è il DPCM 08/07/2003 (attuativo della L36/2001), che fissa limiti, valori di attenzione e obiettivi di qualità. Per quanto concerne gli elettrodotti, le suddette norme sono ulteriormente integrate dal DPCM 29/05/2008 sulle fasce di rispetto.

Oltre alle soglie di legge, per quanto riguarda l'esposizione ai campi elettromagnetici l'Organizzazione Mondiale della Sanità indica come applicabile il principio della "Prudent Avoidance", cioè la scelta, in fase di progettazione di nuove installazioni, di utilizzare sistemi a costo contenuto per la limitazione dei livelli di esposizione.

Il criterio definito nel protocollo Itaca va esattamente in questa direzione.

Per la sua applicazione, sono da considerare "ambienti principali" tutti gli ambienti la cui destinazione d'uso prevede la permanenza prolungata di persone. Per un elenco di tali destinazioni d'uso, è possibile fare riferimento all'Allegato LG1 al DM 07/12/2016 (GU Serie

Generale n.19 del 24-1-2017).

Sono inoltre da considerare “ambienti principali” anche quelle pertinenze esterne per le quali è prevedibile la permanenza prolungata di persone (cfr. allegato LG2 al DM 07/12/2016).

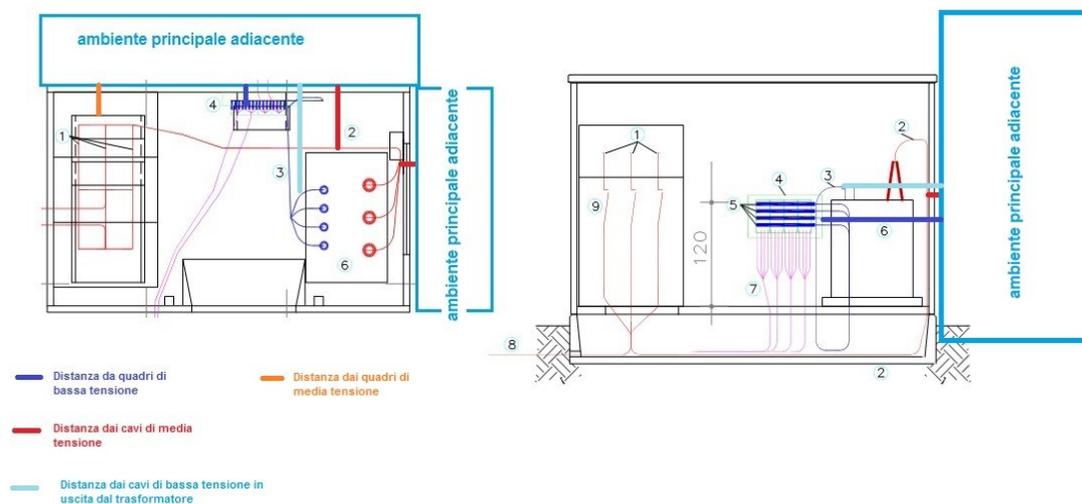
L’elenco di tali ambienti come riportato nei due allegati al DM 07/12/2016 è consultabile in calce alla presente sezione del manuale.

La procedura da seguire per l’applicazione del criterio è la seguente:

1) Verificare la presenza e l’ubicazione di sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale all’interno o nelle immediate vicinanze dell’edificio.

Le principali sorgenti di campo magnetico da considerare sono:

- cabine di trasformazione;
- linee interrato a media e alta tensione;
- quadri elettrici di edificio e di zona;
- parti costituenti gli impianti elettrici dell’edificio in progetto, solo qualora siano previste correnti di fase superiori a 20 A.



Per alcune di queste sorgenti (cabine di trasformazione AT/MT o MT/bt e linee a media o alta tensione) i criteri forniti sono da integrare al rispetto della normativa sulle fasce di rispetto degli elettrodotti (DPCM 08/07/2003 e DPCM 29/05/2008).

2) Valutare la distanza tra sorgenti e ambienti principali, come distanza tra l’elemento che costituisce la sorgente di campo magnetico (cavo, quadro, ecc.) e qualsiasi area accessibile dell’ambiente stesso.

L’esempio nello schema seguente evidenzia la misura delle distanze dalle diverse sorgenti di campo magnetico presenti all’interno di una cabina di trasformazione. Qualora non si disponga della pianta con la dislocazione delle sorgenti all’interno della cabina, le distanze vanno valutate dalla parete della cabina stessa.

3) Verificare/implementare le strategie per la riduzione dell’esposizione. Le più efficaci sono quelle che agiscono sulla sorgente, quali ad esempio:

- per le linee trifase MT e bt, uso del cavo cordato a elica;
- per i cavi di bassa tensione in uscita da trasformatori, l’applicazione di fascettatura per avvicinare al massimo le tre fasi;

- in caso di presenza di più sistemi trifase, opportuna disposizione geometrica delle fasi stesse per la minimizzazione delle emissioni;
- la disposizione delle sorgenti che garantisce la massima distanza possibile dalle aree accessibili (ad esempio con l'uso di distanziatori per allontanare i quadri dalla parete che confina con gli ambienti accessibili);
- schermature appropriate intorno alla sorgente.

Più complessa, e talvolta meno efficace, la progettazione di schermature dell'ambiente principale, che può essere comunque soluzione adeguata in caso di sorgenti con emissioni particolarmente significative.

Le schermature intorno alle sorgenti e quelle degli ambienti principali devono essere realizzate con materiali adeguati a garantire l'abbattimento del livello di campo magnetico negli ambienti stessi. Tali materiali possono essere conduttivi (es. alluminio) e/o ferromagnetici (es. mu-metal) in funzione dell'efficienza di schermatura al variare della distanza dallo schermo: in genere i materiali ferromagnetici sono maggiormente efficaci nell'area vicino allo schermo, mentre i materiali conduttivi lo sono nelle aree più lontane.

La schermatura deve essere realizzata senza aperture/fessure e con un'opportuna messa a terra.

### Normativa

- L36/2001 *“Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici”* (GU n.55 del 07/03/2001)
- DM 16/01/1991 *“Aggiornamento delle norme tecniche per la disciplina della costruzione e dell'esercizio di linee elettriche aeree esterne”* (GU n. 40 del 16/02/1991) – primo decreto, ad oggi ancora in vigore, con indicazioni relative alla protezione dai possibili effetti provocati dall'esposizione a campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche aeree. Fissa le distanze minime tra i fabbricati e i conduttori
- DPCM 08/07/2003 *“Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti.”* (GU n. 200 del 29/08/2003) – decreto attuativo della legge quadro, fissa i limiti per le emissioni degli elettrodotti, definisce tecniche di misurazione e valutazione e dà indicazioni circa la determinazione delle fasce di rispetto
- DM 29/05/2008 *“Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti.”* (GU n. 156 del 05/07/2008 - Suppl. Ordinario n.160) – Contiene, in allegato, la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, definita da ISPRA e dal sistema delle Agenzie ambientali secondo quanto previsto dal DPCM 08/07/2003
- DM 29/05/2008 *“Approvazione delle procedure di misura e valutazione dell'induzione magnetica”.* (GU n. 153 del 02/07/2008) - Contiene, in allegato, le procedure di misura e di valutazione del valore di induzione magnetica, utile ai fini della verifica del non superamento del valore di attenzione e dell'obiettivo di qualità, ex. art.5 del DPCM 08/07/2003
- Decreto Legislativo 1 agosto 2016, n. 159  
*Attuazione della direttiva 2013/35/UE sulle disposizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (campi elettromagnetici) e che abroga la direttiva 2004/40/CE*  
(GU n.192 del 18-8-2016)

### Documenti per approfondimenti

- Sito web dall'Istituto Superiore di Sanità EpiCentro <http://www.epicentro.iss.it/campi-elettromagnetici/>
- Approfondimenti sui campi elettromagnetici a bassa frequenza:

<http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/campi-elettromagnetici/elf/elf>

- Informazioni sulle sorgenti ambientali e sui livelli di esposizione sul territorio della Regione Piemonte: [https://webgis.arpa.piemonte.it/Geoviewer2D/?config=other-configs/campi\\_elettromagnetici\\_config.json](https://webgis.arpa.piemonte.it/Geoviewer2D/?config=other-configs/campi_elettromagnetici_config.json)

## ELENCO DELLE DESTINAZIONI D'USO DA CONSIDERARE COME “AMBIENTI PRINCIPALI”

### Destinazioni d'uso riconducibili ad ambiente abitativo

(fonte: <http://www.catasto.it/categorie.html>)

IMMOBILI A DESTINAZIONE ORDINARIA			
GRUPPO A			
Categoria	Descrizione	Informazioni	Ambiente abitativo
A/1	Abitazione di tipo signorile.	Sono abitazioni un tempo nobiliari, con particolari rifiniture pregiate anche a carattere storico.	SI
A/2	Abitazione di tipo civile.	Sono le normali abitazioni, con rifiniture semplici di impianti e servizi.	SI
A/3	Abitazioni di tipo economico.	Fabbricati realizzati con caratteristiche e rifiniture economiche sia nei materiali utilizzati che per gli impianti tecnologici ma principalmente di dimensioni contenute rispetto al territorio di cui fanno parte.	SI
A/4	Abitazioni di tipo popolari.	Abitazioni molto modeste, nelle rifiniture, nei materiali di costruzione e con impianti limitati.	SI
A/5	Abitazioni di tipo ultrapopolare.	Abitazione facenti parte di fabbricati di basso livello, privi di impianti, servizi igienici. Questa categoria è ormai in disuso, è presente solo su vecchi classamenti del catasto.	SI
A/6	Abitazione di tipo rurale.	Abitazione a servizio delle attività agricole, di cui alle caratteristiche del Decreto N° 701 del 1994 del Ministero delle Finanze.	SI
A/7	Abitazione in villini.	Sono abitazioni con un minimo di verde o cortile privato o comune, possono essere sia singole, che a schiera oppure a piani.	SI
A/8	Abitazione in villa.	Abitazione di pregio con rifiniture di alto livello con grandi giardini o parchi a servizio esclusivo.	SI
A/9	Castelli, palazzi di eminenti pregi artistici o storici.	Antiche strutture con importanti riferimenti storici.	SI
A/10	Uffici e studi privati.	Unità immobiliari destinati ad attività professionali.	SI
A/11	Abitazioni o alloggi tipici dei luoghi.	Sono case tipiche che per la loro forma e struttura individuano il luogo dove si trovano, ricordiamo i trulli, i sassi o i rifugi di montagna.	SI
GRUPPO B			
B/1	Collegi e convitti, educandati, ricoveri, orfanotrofi, ospizi, conventi, seminari, caserme.	Strutture destinate all'assistenza dei disagiati, dei religiosi o caserme dello Stato.	SI
B/2	Casse di cura e ospedali senza fine di lucro.	Strutture per l'assistenza agli ammalati che non hanno fini economici.	SI
B/3	Prigioni e riformatori.	Strutture costruite e destinate alla reclusione degli evasori della Legge.	SI
B/4	Uffici Pubblici.	Strutture costruite o adattate per sedi di Uffici Pubblici.	SI
B/5	Scuole e laboratori scientifici.	Strutture costruite e destinate all'istruzione e alla ricerca scientifica.	SI
B/6	Biblioteche, pinacoteche, musei, gallerie, accademie che non hanno sede in edifici della categoria A/9. Circoli ricreativi e culturali, ed attività similari se non hanno fine di lucro.	Sedi culturali che non hanno scopi economici e non sono già in palazzi storici.	SI
B/7	Cappelle ed oratori non destinati all'esercizio pubblico del culto.	Strutture destinate all'esercizio della religione.	SI
B/8	Magazzini sotterranei per depositi di derrate.	Magazzini che hanno lo scopo di deposito di scorte.	NO
GRUPPO C			
C/1	Negozi e Botteghe	Locali per attività commerciale per vendita o rivendita di prodotti.	SI
C/2	Magazzini e locali di deposito	Locali utilizzati per il deposito di merci, locali di sgombero, sottotetti.	NO
C/3	Laboratori per arti e mestieri.	Locali destinati all'esercizio della professione di artigiano per servizi, realizzazione o trasformazioni dei prodotti.	SI
C/4	Fabbricati e locali per esercizi sportivi (senza fine di lucro)	Strutture destinate all'esercizio delle attività sportive private.	SI

C/5	Stabilimenti balneari e di acque curative (senza fine di lucro).	Stabilimenti e strutture balneari privati.	SI
C/6	Stalle, scuderie, rimesse, autorimesse (senza fine di lucro).	Garage, box auto o posti macchina, stalle e scuderie.	NO
C/7	Tettoie chiuse od aperte.	Strutture destinate a tettoia o gazebo.	SI <sup>(*)</sup>
<b>IMMOBILI A DESTINAZIONE SPECIALE O PARTICOLARE</b>			
<b>GRUPPO D</b>			
D/1	Opifici.	Capannone, fabbrica, struttura dove viene lavorata e trasformata la materia prima.	SI
D/2	Alberghi e pensioni (con fine di lucro).	Strutture ricettive a pagamento.	SI
D/3	Teatri, cinematografi, sale per concerti e spettacoli e simili (con fine di lucro).	Locali destinati all'esibizione artistica aventi ingresso a pagamento.	SI
D/4	Case di cura ed ospedali (con fine di lucro)	Ospedali, cliniche e case di cura private.	SI
D/5	Istituto di credito, cambio e assicurazione (con fine di lucro).	Banche, assicurazioni e istituti di credito privati.	SI
D/6	Fabbricati e locali per esercizi sportivi (con fine di lucro).	Unità destinate ad attività sportive private a pagamento, club sportivi, campetti, piscine ecc.	SI
D/7	Fabbricati costruiti o adattati per le speciali esigenze di un'attività industriale e non suscettibili di destinazione diversa senza radicali trasformazioni.	Sono quelle strutture costruite specificatamente per quel tipo di attività a cui sono destinate. Un esempio esplicativo sono i rifornimenti di carburante	SI
D/8	Fabbricati costruiti o adattati per le speciali esigenze di un'attività commerciale e non suscettibili di destinazione diversa senza radicali trasformazioni.	Grandi negozi, centri commerciali.	SI
D/9	Edifici galleggianti o sospesi assicurati a punti fissi del suolo, ponti privati soggetti a pedaggio.	Edifici che non hanno un suolo proprio.	SI
D/10	Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole.	Sarebbero la categoria a cui devono accatatarsi i vecchi fabbricati rurali (es. stalle, locali per produzione formaggi, alpeggi.)	(**)
<b>GRUPPO E</b>			
E/1	Stazioni per servizi di trasporto, terrestri, marittimi ed aerei.	Stazioni ferroviarie, porti, aeroporti.	SI
E/2	Ponti comunali e provinciali soggetti a pedaggio.	Ponti pubblici con passaggio a pagamento.	SI
E/3	Costruzioni e fabbricati per speciali esigenze pubbliche.		SI
E/4	Recinti chiusi per speciali esigenze pubbliche.		NO
E/5	Fabbricati costituenti fortificazioni e loro dipendenze.		SI
E/6	Fari, semafori, torri per rendere d'uso pubblico l'orologio comunale.		NO
E/7	Fabbricati destinati all'esercizio pubblico dei culti.	Chiese, cattedrali ecc.	SI
E/8	Fabbricati e costruzioni nei cimiteri, esclusi i colombari, i sepolcri e le tombe di famiglia.		SI
E/9	Edifici a destinazione particolare non compresi nelle categorie precedenti del gruppo E.	Tutto quello di categoria E che non è stato possibile inserire nelle categorie precedenti, può essere inserito in questa.	NO
<b>GRUPPO F</b>			
F/1	Area urbana.	Aree o corti a piano terra di fabbricati già accatatsati all'urbano.	SI
F/2	Unità collabenti.	Fabbricati diruti, con tetto crollato e inutilizzabili. .	NO
F/3	Unità in corso di costruzione.	Unità che non sono state ancora ultimate.	SI
F/4	Unità in corso di definizione.	Unità incomplete non definite nella consistenza e nella destinazione d'uso.	NO
F/5	Lastrico solare.	Terrazze e aree libere sopra unità immobiliari preesistenti.	(***)

ELEMENTI PERTINENZIALI	Ambienti abitativi
Balconi <sup>1</sup>	Sì
Terrazzi di proprietà esclusiva <sup>2</sup> , anche non a livello, se muniti di balaustre o protezioni anti-caduta e pavimentazione rifinita <sup>3</sup>	Sì
Porticati ad uso esclusivo <sup>4</sup>	Sì
Logge e verande <sup>4</sup>	Sì
Cortili intesi come spazi strettamente connessi all'edificio abitativo e di proprietà comune di tutti i partecipanti al condominio (ai sensi dell'art. 1117 del codice civile), definiti come aree scoperte comprese in un edificio o delimitate da più edifici, sulle quali si affacciano gli ambienti interni di essi, che abbiano la funzione non soltanto di dare aria e luce all'adiacente fabbricato, ma anche di consentire l'accesso (Corte di Cassazione, sez. II, sentenza n. 16241 del 29 ottobre 2003)	Sì
Giardini di proprietà esclusiva o condominiale (nel caso di giardini, tenute e parchi di vaste dimensioni, si considera "pertinenza esterna" la parte di giardino più prossima all'edificio abitativo ed ogni altra area, ivi compresa, che sia stabilmente attrezzata per essere destinata alla permanenza continuativa ricorrente delle persone <sup>6</sup> )	Sì
Tettoie, gazebi <sup>7</sup>	Sì
Piani pilotis (ad uso esclusivo o comune) degli edifici se destinati a permanenza continuativa ricorrente delle persone <sup>8</sup>	Sì
Cantine, soffitte, sottotetti non abitabili	No
Lastrici solari ad uso comune degli edifici	No
Box e posti auto (coperti e scoperti)	No

**CATEGORIA: Rischi biologici**

CRITERIO: Rischio legionellosi

**INQUADRAMENTO SANITARIO E AMBIENTALE**

Le legionelle sono presenti negli ambienti acquatici naturali e artificiali: acque sorgive, comprese quelle termali, fiumi, laghi, fanghi, ecc. Da questi ambienti esse raggiungono quelli artificiali come condotte cittadine e impianti idrici degli edifici, quali serbatoi, tubature, fontane e piscine, che possono agire come amplificatori e disseminatori del microrganismo, creando una potenziale situazione di rischio per la salute umana.

La temperatura è particolarmente importante nell'influenzare la crescita.

La Legionella può essere libera nell'acqua, all'interno delle amebe o ancorata al biofilm. Il biofilm è in grado di "proteggere" il microrganismo dall'azione disinfettante dei mezzi di bonifica. Inoltre il biofilm, a causa di forti sbalzi termici, improvvise turbolenze o urti meccanici, può liberare grandi quantità di batteri.

Anche le amebe, permettendo la crescita intracellulare delle legionelle, le proteggono dall'azione di agenti chimici e fisici per poi rilasciarle improvvisamente in altissime concentrazioni. Le legionelle possono svilupparsi in impianti che fanno parte del nostro ambiente quotidiano: reti collettive di distribuzione di acqua calda (rubinetti e docce), serbatoi, circuiti di raffreddamento ad acqua e torri di raffreddamento associate ai sistemi di climatizzazione, umidificatori adiabatici e ad acqua.

La legionellosi viene normalmente acquisita per via respiratoria mediante inalazione di aerosol contenente Legionella. Le goccioline si possono formare sia spruzzando l'acqua che facendo gorgogliare aria in essa, o per impatto su superfici solide. La pericolosità di queste particelle di acqua è inversamente proporzionale alla loro dimensione. Gocce di diametro inferiore a 5µm arrivano più facilmente alle basse vie respiratorie.

Malgrado il carattere ubiquitario di *Legionella*, la malattia umana rimane relativamente rara; sono comunque segnalati in letteratura focolai epidemici associati ad impianti idrici o stabilimenti termali o torri di raffreddamento.

La legionellosi è una malattia sottoposta a obbligo di notifica, anche a livello europeo e in Italia i casi di legionellosi vengono notificati dalle ASL/Regioni al sistema di sorveglianza nazionale coordinato dall'Istituto Superiore di Sanità. Per la maggior parte dei casi di legionellosi l'origine dell'infezione non è nota; tali casi vengono classificati come comunitari. Nel 2020 la percentuale di casi comunitari è stata dell'87.4% (riferimento BEN Bollettino Epidemiologico Nazionale 2021, 2(3):9-16).

La malattia può assumere forme gravi (polmonite) con il 14,8 di letalità per i casi comunitari e il 36,8% per i casi nosocomiali (riferimento BEN Bollettino Epidemiologico Nazionale 2021, 2(3):9-16).

Le variabili che influenzano l'acquisizione della infezione sono:

- la carica del patogeno e la sua virulenza;
- il tempo di esposizione al patogeno;
- la distanza dalla sorgente;
- il grado di nebulizzazione dell'acqua contenente l'agente;
- la vulnerabilità propria dell'ospite.

La prevenzione delle infezioni da *Legionella* è largamente basata sulla corretta progettazione e realizzazione degli impianti tecnologici che comportano un riscaldamento dell'acqua e/o la sua nebulizzazione (impianti a rischio).

Il rischio legionellosi dipende da un certo numero di fattori. A seguire, si elencano quelli più importanti da tenere sempre in debito conto:

- temperatura dell'acqua compresa tra 20 e 50°C;
- presenza di tubazioni con flusso d'acqua minimo o assente (tratti poco o per nulla utilizzati della rete, utilizzo saltuario delle fonti di erogazione);
- utilizzo stagionale o discontinuo della struttura o di una sua parte;

- caratteristiche e manutenzione degli impianti e dei terminali di erogazione (pulizia, disinfezione);
- caratteristiche dell'acqua di approvvigionamento a ciascun impianto (fonte di erogazione, disponibilità di nutrimento per Legionella, presenza di eventuali disinfettanti);
- vetustà, complessità e dimensioni dell'impianto;
- ampliamento o modifica d'impianto esistente (lavori di ristrutturazione);
- utilizzo di gomma e fibre naturali per guarnizioni e dispositivi di tenuta;
- presenza di biofilm ed incrostazioni in tubature, docce o rubinetti,
- presenza di elementi nutritivi (alghe, amebe).

Gli impianti tecnologici principali che possono rappresentare un rischio sono:

- a) rete distributiva dell'acqua calda sanitaria: la presenza di serbatoi di accumulo e le loro caratteristiche costruttive e di gestione (materiali costruttivi, distanza dalla base della tubatura in uscita, temperatura dell'acqua stoccata, esistenza di punti di prelievo, ecc...), il circuito distributivo (configurazione della rete, presenza della rete di ricircolo, coibentazione delle tubature, qualità dei materiali e loro capacità di sopportare trattamenti di disinfezione, la possibile presenza di tratti morti, ecc...), i terminali di distribuzione (condizioni dei rompigitto dei rubinetti, del flessibile e del soffione della doccia, la temperatura dell'acqua erogata, la presenza di valvole di miscelazione, ecc...);
- b) la rete distributiva dell'acqua fredda: la fonte di approvvigionamento dell'acqua (acquedotto, pozzo), la presenza di impianti per il trattamento dell'acqua (addolcimento, filtrazione, ecc...), la temperatura dell'acqua (nel caso questa sia  $> 20^{\circ}\text{C}$ );
- c) l'impianto di condizionamento dell'aria: la localizzazione delle prese d'aria esterne rispetto a possibili fonti di inquinamento, la periodicità con cui vengono effettuate le operazioni di pulizia/sostituzione dei filtri, il sistema di umidificazione (a ruscigliamento d'acqua, a vaporizzazione, a polverizzazione con ultrasuoni, ecc...), la presenza di acqua stagnante a livello delle batterie di raffreddamento, lo stato di pulizia dei silenziatori, la presenza di condensa lungo i condotti;
- d) le torri di raffreddamento e condensatori evaporativi: la loro ubicazione, la presenza di ristagni d'acqua, la periodicità delle pulizie, gli esiti degli accertamenti analitici;
- e) le piscine e piscine idromassaggio: le modalità dei trattamenti di disinfezione, la frequenza dei ricambi d'acqua e la quantità di acqua sostituita giornalmente;
- f) le fontane ornamentali: le modalità dei trattamenti di disinfezione in particolare nelle fontane ubicate all'interno di strutture turistico-recettive, stabilimenti termali, fiere, esposizioni, ecc...

Sono considerati in questa trattazione gli impianti idro-sanitari, gli impianti di condizionamento dell'aria e gli impianti di raffreddamento a torri evaporative o a condensatori evaporativi.

## **APPROFONDIMENTI E INFORMAZIONI UTILI**

### **Impianti idro-sanitari**

Copie dello schema dettagliato della rete idrica devono accompagnare la presentazione di un progetto edilizio e restare a disposizione del proprietario/gestore/amministratore della struttura per la gestione degli interventi di manutenzione ordinaria e per eventuali richieste dei soggetti titolati ad eseguire controlli. Ogni modifica delle reti deve comportare l'aggiornamento delle suddette planimetrie.

Dal punto di vista impiantistico - progettuale dovrà essere garantita l'eliminazione delle principali cause di proliferazione batterica identificabile in:

- utilizzo di materiali non adatti;
- dimensionamento e "posa" non corretta degli impianti con conseguente scarsa circolazione dell'acqua, pressione inadeguata, ristagno dell'acqua;

- serbatoi di accumulo inadeguati;
- temperatura dell'acqua compresa tra 20 °C e 50 °C (temperatura dell'acqua calda <50°C e temperatura dell'acqua fredda >20°C).

Nelle strutture di nuova edificazione e in quelle soggette a ristrutturazione totale, *le reti dell'acqua fredda e della acqua calda sanitaria non devono interferire tra loro* (Approved Code of Practice and guidance (ACoP), 2000).

Per evitare il surriscaldamento dell'acqua fredda, installare la rete dell'acqua fredda separata dalla rete dell'acqua calda ed evitare che le tubazioni dell'acqua fredda e calda decorrano molto vicine tra loro. Inoltre, è opportuno utilizzare tubazioni coibentate qualora esse siano esposte al sole oppure attraversino locali riscaldati, evitando di collocare l'isolamento termico all'interno delle condotte, per permetterne la pulizia e realizzandolo con sviluppo continuo anche in corrispondenza di deviazioni, pezzi speciali e valvolame.

Le reti, inoltre, devono essere il più possibile lineari, evitando tubazioni con tratti terminali ciechi e senza circolazione dell'acqua. Sono raccomandati accorgimenti che garantiscano il ricambio dell'acqua (posizionamento dei punti di erogazione più utilizzati come ultimo elemento, reti di ricircolo, ecc.).

I serbatoi di accumulo, quando installati, devono essere facilmente ispezionabili al loro interno e disporre, alla base, di un rubinetto, tramite il quale effettuare le operazioni di spurgo del sedimento. Un secondo rubinetto, necessario per prelevare campioni di acqua da sottoporre ad indagini analitiche, posto ad un'altezza non inferiore a 1/3 del serbatoio (ad un'altezza non inferiore a 30 cm dal suolo), deve essere installato sul serbatoio se quello di cui al punto precedente non dovesse risultare adatto allo scopo. Tutti i nuovi impianti d'acqua calda sanitaria, che prevedono l'utilizzo di boiler/serbatoi centralizzati, devono essere dotati di tali rubinetti. La capacità di stoccaggio deve essere al max di 24 ore.

Negli impianti d'acqua calda sanitaria centralizzati il rischio di colonizzazione e crescita di *Legionella* può essere minimizzato mantenendo costantemente la temperatura di distribuzione dell'acqua al di sopra di 50°C. Per quanto riguarda la produzione di acqua calda sono preferibili sistemi istantanei di produzione ai serbatoi di stoccaggio.

Oltre a quanto sopra riportato, nelle strutture con impianto centralizzato, si raccomanda la realizzazione della rete di ricircolo dell'acqua calda correttamente dimensionata, tenuto conto della specifica del mantenimento dei 50°C.

Negli impianti con rete di ricircolo la temperatura dell'acqua calda sanitaria:

- deve essere mantenuta a  $T \geq 60^\circ\text{C}$  nei serbatoi di accumulo;
- non deve scendere sotto i 50°C alla base di ciascuna colonna di ricircolo.

Per evitare salti termici lungo la distribuzione idrica e raffreddamenti eccessivi dell'acqua, la rete di ricircolo deve essere pertanto adeguatamente bilanciata. Ove si evidenziasse il rischio di ustioni dovranno essere prese adeguate precauzioni per minimizzare tale rischio, ad esempio mediante l'installazione di opportune tutele quali le valvole termostatiche di miscelazione (TMV) in prossimità o sui terminali di erogazione

Occorre ridurre il più possibile la distanza tra l'anello di distribuzione e il punto d'uso; acqua calda e fredda devono essere miscelate nel punto più prossimo possibile all'uscita (<2metri); idealmente una TMV non dovrebbe servire più di un rubinetto.

Qualora le temperature di sicurezza non possano essere rispettate a causa di problemi tecnici, occorre predisporre un sistema di disinfezione alternativo.

La corretta progettazione delle reti idriche deve infine assicurare un corretto bilanciamento idrodinamico (flusso dell'acqua), una riduzione al minimo del volume accumulato e un'opportuna scelta dei materiali in relazione ai trattamenti previsti di prevenzione e controllo della contaminazione microbiologica.

Per quanto riguarda l'adeguata circolazione dell'acqua, i punti di erogazione devono essere collegati all'impianto in modo che sia garantito un ricambio di acqua regolare anche se gli stessi

vengono utilizzati raramente. Ciò avviene mediante il collegamento in serie o ad anello.

È necessario scegliere opportunamente i materiali utilizzati per le tubature dell'acqua sanitaria; essi devono garantire batterio staticità, resistenza alle pressioni in gioco, affidabilità e durata; la tipologia dei materiali (Rogers et al., 1994), utilizzati per la realizzazione dell'impianto, deve minimizzare la probabilità di crescita del biofilm e garantire la possibilità di eseguire adeguati trattamenti di disinfezione:

- i materiali porosi e con superfici scabre facilitano l'adesione e la crescita dei batteri;
- i materiali naturali sono suscettibili di degradazione biologica (es. cartone, legno, ecc.) e possono costituire nutrimento per i microrganismi;
- la gomma, il vetro, la plastica permettono tassi di crescita batterica più alti; le tenute in gomma sono state riconosciute come siti privilegiati dove il batterio si accumula arrivando a concentrazioni elevate;
- il rame ha notevoli proprietà batteriostatiche e ostacola la crescita del biofilm. Sopporta benissimo gli interventi di bonifica di natura chimica o termica;
- l'acciaio inox ha ottime caratteristiche di igienicità. La presenza di alcuni elementi (cromo, ma anche molibdeno), così come la scarsa presenza di altri (manganese, zolfo, carbonio), favorisce la resistenza a corrosione;
- per l'acciaio zincato, temperature superiori a 60 °C provocano la dezincatura con conseguente corrosione. È incompatibile con la presenza di rame installato a monte nella linea di distribuzione, nonché a qualsiasi trattamento con ioni di rame. La disinfezione chimica con cloro è inefficace nei tubi corrosi e dezincati;
- il polietilene reticolato supporta la disinfezione termica e chimica (cloro o perossido). Recenti studi hanno dimostrato che il materiale non ostacola la proliferazione di biofilm.

Un impianto idrico-sanitario è generalmente formato da numerosi componenti realizzati con materiali differenti: rame, acciaio zincato, multistrato, acciaio inox.

Una non corretta combinazione può causare problematiche di natura corrosiva con effetti negativi sul metallo meno nobile.

La regola d'eccellenza per non commettere errori è quella di installare i diversi metalli rispettando la scala di nobiltà avendo sempre nota la direzione del flusso dell'acqua. Un metallo meno nobile non deve essere installato a valle di uno più nobile.

In caso di adeguamento degli impianti esistenti:

- verificare che i serbatoi d'accumulo dell'acqua calda siano in grado di resistere alle temperature di esercizio e di disinfezione termica previste;
- in caso di sostituzione installare serbatoi con superfici rivestite da materiali anticorrosione e protette, se necessario, con anodi contro le corrosioni;
- installare dispositivi in grado di:
  - regolare la temperatura di produzione e di accumulo dell'acqua calda;
  - gestire le temperature e i tempi di invio in rete per il funzionamento normale e le disinfezioni termiche periodiche;
- in funzione dei dati ottenibili con un'analisi fisico-chimica, fare in modo che l'impianto sia dotato di un adeguato sistema di trattamento dell'acqua;
- installare termometri ai piedi delle colonne per consentire un rapido controllo delle temperature dell'acqua distribuita e in circolazione;
- a seguito della mappatura eseguita eliminare possibili "derivazioni morte" realizzate sia per futuri allacciamenti, che divenute inutilizzate nel tempo;
- se presenti, eliminare gli ammortizzatori di colpi d'ariete ad aria e i relativi tronchi di colonna con acqua stagnante. In alternativa, adottare ammortizzatori a molla da installare in cassetta, oppure sotto i lavabi e i lavelli;

- se a seguito del controllo delle temperature il dimensionamento della rete di ricircolo non è soddisfacente, prevedere l'uso di bilanciatori termostatici;
- verificare le caratteristiche della pompa di ricircolo ed eventualmente sostituirla, al fine di ottenere portate più elevate, e quindi salti termici più piccoli tra l'andata e il ritorno dell'acqua in centrale;
- con erogazioni dell'acqua che superano i 50 °C, prevedere (se possibile) protezioni antiscottatura periferiche dotate di appositi miscelatori;
- verificare l'isolamento termico dei tubi ed eventualmente provvedere (per la parte in vista e in vani tecnici) al suo rifacimento, utilizzando materiali con buona resistenza all'invecchiamento e spessori maggiori rispetto a quelli richiesti dalla normativa;
- se necessario, sottoporre i tubi dell'impianto ad un trattamento anticalcare e stabilizzante con film di resina protettiva.

### SISTEMI DI DISINFEZIONE

La scelta di un opportuno mezzo di disinfezione per gli impianti di acqua sanitaria è complessa in quanto sottende la conoscenza dell'impianto e dei materiali che lo costituiscono.

È fondamentale prendere anche in considerazione la possibilità di provvedere ad un efficace programma di trattamento dell'acqua, anche per prevenire la corrosione e la formazione di film biologico. Tale programma va attuato in funzione delle caratteristiche chimico/fisiche dell'acqua sanitaria.

Il biofilm è costituito da una pellicola di microrganismi (batteri, protozoi, virus, miceti, alghe, polimeri e Sali naturali) che aderiscono a irregolarità delle pareti interne delle condotte, formando stratificazioni che facilitano la nascita di depositi e incrostazioni ed offrono un ambiente idoneo allo sviluppo della Legionella. Il biofilm può rompersi a causa di forti sbalzi termici, improvvise turbolenze o urti meccanici, liberando grandi quantità di microrganismi compresa Legionella.

Ogni qualvolta si proceda ad operazioni di bonifica, occorre accertarsi che subiscano il trattamento anche bracci morti costituiti dalle tubazioni di spurgo o prelievo, valvole di sovrappressione e rubinetti bypass.

Il documento “Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi” a cura di Ministero della Salute. Edizione 2015, riporta una rassegna non esaustiva dei metodi attualmente utilizzati per controllare la contaminazione da Legionella e altri germi dell'acqua nei sistemi idrici, adottati singolarmente o in combinazione. Per ciascuno di essi sono riportate le caratteristiche di utilizzo e l'efficacia, fornendo alcune informazioni su vantaggi e svantaggi associati alla loro applicazione:

➤ mezzi fisici:

a. Filtrazione al punto di utilizzo

Principio del metodo. La microfiltrazione consente di trattenere Legionella lasciando scorrere l'acqua in uscita al punto di utilizzo mediante l'impiego di una barriera meccanica costituita da un filtro di porosità  $\leq 0,2 \mu\text{m}$ . Il filtro trattiene anche altri batteri per esempio Pseudomonas e micobatteri (Sheffer et al., 2005; Ortolano et al., 2005; Baron et al., 2014).

Procedura. È un sistema di trattamento localizzato, basato sulla installazione di detti filtri ai punti terminali (rubinetti, docce) oppure nei punti di ingresso dell'acqua.

Efficacia. Si tratta di un metodo di comprovata efficacia (100%) se i filtri vengono sostituiti con regolarità secondo quanto previsto dal produttore (generalmente ogni 1-2 mesi) a causa del loro progressivo intasamento.

Vantaggi. Trova applicazione, in particolar modo, nei reparti dove sono ricoverati pazienti a elevato rischio con grave immunodepressione perché trattengono anche gli altri germi dell'acqua che in tali pazienti possono causare infezioni importanti (Campins et al., 2000; Marchesi et al., 2011; Zhou et al., 2014; Cervia et al., 2015).

Svantaggi. Agiscono solo nel punto dove vengono installati e quindi nella rete distributiva le legionelle possono continuare a moltiplicarsi e diffondere, a meno che non si utilizzi anche un metodo di disinfezione in continuo. Sono da sostituire frequentemente e se applicati estesamente possono risultare anche costosi.

b. Trattamento termico

Principio del metodo. Diversi studi hanno dimostrato l'effetto inattivante prodotto dall'incremento di temperatura dell'acqua calda nelle reti idriche ospedaliere e alberghiere. Negli impianti, ove l'acqua è costantemente mantenuta a temperature comprese tra 50 e 55°C, viene ridotta la proliferazione di Legionella (Darelid et al., 2002; Blanc et al., 2005). Valori superiori a 60°C (pastorizzazione) sono in grado di uccidere Legionella in modo proporzionale al tempo di esposizione (Peiro Callizo et al., 2005).

Per la disinfezione si utilizzano due approcci: lo shock termico e la disinfezione termica.

- Shock termico

Procedura. Consiste nell'elevare periodicamente la temperatura dell'acqua a 70-80°C nell'impianto assicurando il suo deflusso da tutti i punti di erogazione a una temperatura di almeno 60°C (Lin et al., 1998A). Al termine del trattamento, occorre effettuare un controllo batteriologico su campioni di acqua prelevati nei punti distali; in caso di risultato sfavorevole, è necessario ripetere l'intera procedura fino alla decontaminazione della rete.

Efficacia. Temperature superiori a 60°C inibiscono Legionella e gli altri batteri non sporigeni come comprovato da studi in vitro e sul campo in strutture ospedaliere e nelle abitazioni (Stout et al., 1986; Vickers et al., 1987; Alary and Joly, 1991). Tuttavia l'efficacia è scarsa se riferita al breve periodo (mesi) e ancor più al lungo periodo (anni) (Chen et al., 2005; Perola et al., 2005; Mouchtouri et al., 2007).

Vantaggi. Non richiede particolari attrezzature e quindi può essere messo in atto immediatamente, soprattutto in presenza di un cluster epidemico.

Svantaggi. Durante il trattamento è necessario interdire l'uso dell'acqua calda sanitaria da parte degli utenti e degli operatori al fine di evitare il rischio di ustioni.

È una modalità di disinfezione sistemica ma temporanea, in quanto non impedisce la ricolonizzazione dell'impianto idrico in un periodo di tempo variabile da alcune settimane ad alcuni mesi dal trattamento (Lin et al., 1998A; Lin et al., 1998B). La ricolonizzazione a livelli pre-trattamento è stata dimostrata in ospedale già un mese dopo l'applicazione, con rischio di comparsa di casi nosocomiali (Marchesi et al., 2011). Questa procedura è di difficile attuazione nei grandi impianti in quanto spesso non si riesce a ottenere il raggiungimento di temperature così elevate nei punti periferici tanto che un recente studio ha dimostrato che il metodo è efficace in meno della metà degli edifici in cui viene applicato (Kruse et al., 2016). Ha costi elevati in quanto richiede un elevato consumo di acqua e di energia scarsamente compatibile con le vigenti disposizioni in materia di risparmio energetico. Richiede tempo e personale nonché l'installazione di sonde remote e strumenti per il controllo sia del tempo di scorrimento che della temperatura dell'acqua nei serbatoi e nei punti distali. La tenuta idraulica dell'impianto potrebbe essere compromessa da ripetuti shock termici, soprattutto in presenza di tubazioni in materiale plastico.

- Disinfezione termica (Mantenimento costante della temperatura a 60°C)

Procedura. Si applica agli impianti con doppio sistema di regolazione della temperatura dell'acqua, nei quali il primo, costituito da un termostato regolato a 60°C, serve a regolare la temperatura di accumulo nei bollitori e il secondo, costituito da un miscelatore con acqua fredda posto all'uscita del bollitore, viene impiegato nel controllo della temperatura di distribuzione di acqua calda a 48-53°C. La disinfezione termica di questi impianti viene effettuata applicando la seguente procedura:

1. si innalza a 65°C la temperatura di produzione dell'acqua calda sanitaria all'interno dei bollitori;
2. si inibisce la miscelazione con acqua fredda attivando un by-pass al miscelatore mediante l'impiego di una valvola elettrica a due vie asservita a un orologio programmatore;
3. si effettua il ricircolo dell'acqua a 55-60°C in tutto l'impianto di distribuzione per almeno 30 min. al giorno, preferibilmente durante le ore notturne al fine di limitare il consumo di acqua da parte degli utenti.

Efficacia. Questa procedura, utilizzabile solo sul circuito dell'acqua calda sanitaria, garantisce una buona efficacia se il sistema a valle del bollitore non è contaminato.

Vantaggi. Negli impianti dotati del doppio sistema di regolazione della temperatura, tale metodo può essere attuato immediatamente. Non introduce contaminanti o sottoprodotti di disinfezione.

Svantaggi. In base alle temperature utilizzate, la Legionella non può svilupparsi nei bollitori, ma può farlo nelle reti di distribuzione e di ricircolo e laddove queste risultino già contaminate, la procedura risulta inefficace. Questa procedura può essere causa di ustioni agli utenti della rete idrica; inoltre può portare a significativo riscaldamento del circolo dell'acqua fredda.

c. Irraggiamento UV

Principio del metodo. La luce ultravioletta tra 250 e 265 (ideale 254) nanometri è in grado di inattivare i batteri dimerizzando la timina presente nel DNA in modo da ostacolarne la replicazione.

Procedura. L'apparecchio, facile da installare, deve essere posto in prossimità del punto di utilizzo. L'acqua fluisce all'interno di una camera idraulica dove viene esposta alla luce ultravioletta generata da lampade al mercurio.

Efficacia. È di dimostrata efficacia in vitro e in vivo, anche se in alcuni ospedali l'utilizzo ai siti distali è risultato scarsamente efficace (Lin et al., 1998A; Lin et al., 1998B; Franzin et al., 2002). Può avere maggiore validità se applicato all'ingresso in una struttura nuova non ancora colonizzata e priva di biofilm (Hall et al., 2003).

Vantaggi. L'apparecchio viene facilmente installato in impianti idrici pre-esistenti. È un metodo alternativo di disinfezione efficace in prossimità del punto di applicazione. Utile all'ingresso o in piccole aree che possono richiedere speciale attenzione come le unità con pazienti ad alto rischio, in combinazione con altri metodi di trattamento. Non sono stati riscontrati effetti avversi alle caratteristiche igienico-sanitarie dell'acqua o all'integrità delle tubature (Liu et al., 1995). A differenza di quanto accade con i disinfettanti chimici, il sapore dell'acqua non viene influenzato (Triassi et al., 2006).

Svantaggi. L'irraggiamento UV risulta efficace se lo spessore del filetto fluido è limitato (in genere fino a 3 cm) e se l'acqua è scarsamente torbida. Non avendo effetto residuo, non è adeguato, come unica modalità, al trattamento di un intero edificio dal momento che

Legionella persiste nel biofilm, nei punti morti e nelle sezioni stagnanti dell'impianto. Il metodo ha quindi una limitata applicazione come messo aggiuntivo di disinfezione o in alcuni punti d'uso periferici al posto dei filtri (Kelsey, 2014)

➤ Metodi Chimici:

a. clorazione

Principio del metodo. Il cloro è un agente ossidante utilizzato con successo nel controllo igienico-sanitario delle acque potabili.

Per il trattamento di disinfezione si utilizzano due approcci: l'iperclorazione shock e l'iperclorazione continua. La concentrazione ottimale di cloro da impiegare nei due approcci varia in base alle proprietà chimiche e chimico-fisiche dell'acqua e alle caratteristiche strutturali dell'impianto. Inoltre, dal momento che l'attività biocida del cloro decresce rapidamente in ambiente alcalino, è necessario mantenere il pH dell'acqua a valori compresi tra 6 e 7.

- Iperclorazione shock

Procedura. Viene praticata, dopo aver disattivato il riscaldamento del boiler e atteso il raffreddamento dell'impianto a temperature non superiori a 30°C, sull'acqua fredda di reintegro effettuando una singola immissione di disinfettante (ipoclorito di sodio o di calcio) fino a ottenere concentrazioni di cloro residuo libero di 20-50 mg/L in tutta la rete, ivi compresi i punti distali (Lin et al., 2002). Dopo un periodo di contatto di 2 ore per 20 mg/L di cloro oppure di 1 ora per 50 mg/L di cloro, l'acqua presente nel sistema di distribuzione viene drenata e sostituita con una nuova immissione di acqua fredda in quantità tale da ridurre la concentrazione di cloro residuo entro l'intervallo di 0,5-1,0 mg/L presso i punti distali dell'impianto.

Efficacia. L'efficacia di questa procedura shock risulta scarsa perché Legionella persiste nelle amebe e nel biofilm e le elevate concentrazioni di cloro previste possono selezionare legionelle resistenti e presumibilmente più virulente (Cooper et al., 2008; Garcia et al., 2008; Marchesi et al., 2011; Mansi et al., 2014).

Vantaggi. L'iperclorazione shock è un trattamento disinfettante forte generalmente utilizzato per attuare una profilassi immediata del sistema idrico a seguito della comparsa di uno o più casi.

Svantaggi. È una modalità di disinfezione sistemica ma temporanea, in quanto non impedisce la ricolonizzazione dell'impianto idrico in un periodo di tempo variabile da alcune settimane ad alcuni mesi dal termine del trattamento. Ha un'azione fortemente corrosiva nei confronti dei materiali impiegati nelle reti idriche (Castillo Montes et al., 2014). Durante il trattamento è necessario interdire l'uso dell'acqua calda sanitaria da parte degli utenti e operatori al fine di evitare l'esposizione a elevate concentrazioni del disinfettante. È un metodo costoso, corrosivo, inadeguato al raggiungimento degli obiettivi e quindi sconsigliabile se non in situazioni di grande emergenza, da non ripetere nel tempo. Dà luogo a sottoprodotti della disinfezione, in particolare trialometani e clorati (Lin et al., 1998A; Ortolano et al., 2005; WHO, 2011; Orsi et al., 2014).

- Iperclorazione continua

Procedura. Si ottiene con l'aggiunta continua di cloro che può essere introdotto, di norma, sotto forma di ipoclorito di sodio o di calcio. I livelli residui di cloro in questo caso possono variare a seconda della qualità dell'acqua, del flusso e della presenza di biofilm; il disinfettante residuo deve essere compreso tra 1 e 3 mg/L.

Efficacia. Studi condotti sul campo in strutture ospedaliere riportano una scarsa efficacia di questo metodo nel controllo della contaminazione da legionelle (Shands et al., 1985; Snyder et al., 1990; Hamilton et al., 1996; Ditommaso et al., 2006).

Vantaggi. L'iperclorazione continua è una modalità di disinfezione generale che garantisce una concentrazione residua del disinfettante in tutto il sistema di distribuzione dell'acqua in modo da minimizzare la colonizzazione da Legionella nei punti distali.

Svantaggi. Il cloro è corrosivo e può provocare danni alle tubature. Inoltre, va considerato che la concentrazione necessaria al trattamento non è compatibile con gli standard attuali sull'acqua potabile sia in termini di disinfettante residuo che, potenzialmente, come formazione di sottoprodotti, in particolare trialometani e clorati (Lin et al., 1998A; Ortolano et al., 2005; WHO, 2011; Orsi et al., 2014). Pertanto, durante tutta la durata dell'iperclorazione continua si raccomanda l'adozione di misure cautelative nei confronti di pazienti e/o operatori affetti da patologie cutanee o, comunque, sensibili alla presenza di cloro residuo ai livelli impiegati. È inoltre necessario interdire l'uso potabile dell'acqua calda sanitaria (in particolare nella preparazione di cibi e bevande calde), informando al contempo l'utenza.

b. Biossido di cloro

Principio del metodo. Il biossido di cloro è un gas prodotto in situ mescolando i precursori quali il sodio clorito e un acido forte oppure per generazione elettrolitica (Lin et al., 2011).

Procedura. Il biossido di cloro viene prodotto in loco utilizzando un apposito generatore installato in prossimità del punto di immissione in rete. La concentrazione efficace consigliata da alcuni autori varia tra 0,1 e 1,0 mg/L (0,3-0,5 ai punti periferici) a seconda delle peculiarità dell'impianto, delle caratteristiche chimiche dell'acqua e del livello qualitativo della contaminazione da Legionella. In caso di forte contaminazione microbiologica, è stato proposto il lavaggio temporaneo della rete di distribuzione con biossido di cloro a concentrazioni comprese tra 5 e 10 mg/L, assicurando il flussaggio di tutti i punti di prelievo. Al termine del breve trattamento shock, durante il quale deve essere interdetto il consumo dell'acqua calda sanitaria a uso potabile, quest'ultima viene drenata e sostituita con un nuovo apporto fino a ridurre la concentrazione del biocida ai livelli di routine (<1,0 mg/L).

Efficacia. Il biossido di cloro è stato utilizzato con successo in acquedottistica e successivamente applicato nel controllo della contaminazione da Legionella negli impianti per la produzione di acqua sanitaria (Srinivasan et al., 2003; Zhang et al., 2007). Rispetto al cloro, sembra essere più attivo nei confronti del biofilm. Mostra una diversa efficacia in funzione dei materiali impiegati nella rete di distribuzione, maggiore su gomma rispetto alla plastica, mentre non sembra impiegabile in presenza di tubazioni in rame (Lin et al., 2011; Kelsey, 2014).

Vantaggi. La sua azione non è influenzata dal pH dell'acqua trattata o dalla presenza di inibitori della corrosione e ha una attività residua. Non produce composti organo-alogenati come i trialometani. Riduce la crescita del biofilm e sembra essere meno corrosivo rispetto al cloro (Lin et al., 2011; Kelsey, 2014).

Svantaggi. Può dar luogo alla formazione di sottoprodotti inorganici (clorito e clorato) della disinfezione (WHO, 2007; Marchesi et al., 2013). Alle concentrazioni più elevate (>0,4 mg/L) esplica un'azione corrosiva nei confronti delle reti di distribuzione dell'acqua calda sanitaria e influisce negativamente sulla qualità dell'acqua distribuita (Zhang et al., 2008;

Chord et al., 2011). Richiede tempi lunghi (6 mesi - 1 anno) per ottenere risultati soddisfacenti (Lin et al., 2011; Kelsey, 2014).

c. Monoclorammina

Principio del metodo. Le clorammine sono derivate dall'ammonio per sostituzione di 1, 2 o 3 atomi di idrogeno con il cloro (mono di e tri-clorammine rispettivamente). La monoclorammina viene generata in situ mescolando in proporzioni stechiometriche acido ipocloroso con ammonio e viene impiegata da oltre 20 anni negli USA per la disinfezione delle acque potabili (Kool et al., 1999; Heffelfinger et al., 2003). In Italia è stata recentemente sperimentata nel trattamento di disinfezione dell'acqua calda sanitaria in strutture ospedaliere (Marchesi et al., 2012; Marchesi et al., 2013; Coniglio et al., 2015; Marchesi et al., 2016).

Procedura. La monoclorammina viene dosata in acqua alla concentrazione di 2-3 mg/L ai punti periferici.

Efficacia. Il disinfettante è risultato particolarmente efficace nel ridurre la legionella nei sistemi di distribuzione dell'acqua negli ospedali sia nel breve che nel lungo periodo (Finney et al., 2008; Marchesi et al., 2012; Kandiah et al., 2013; Marchesi et al., 2013; Duda et al., 2014; Coniglio et al., 2015; Marchesi et al., 2016).

Vantaggi. Ha la stessa modalità di azione del cloro, ma decade più lentamente in quanto è scarsamente volatile e non forma trialometani con la sostanza organica disciolta. La maggiore persistenza in acqua rispetto al cloro e al biossido di cloro ne assicura una più efficace diffusione nelle zone stagnanti e all'interno del biofilm (Lin et al., 2011; Kelsey, 2014). Se correttamente prodotta e dosata, presenta una maggiore compatibilità con i materiali impiegati nelle reti di distribuzione (Marchesi et al., 2016). Dati recenti di utilizzo in ospedale confermano che non vi sono incrementi nelle popolazioni microbiche né altri effetti negativi come l'aumento di nitrati e nitriti che possono dar luogo a formazione di nitrosammine (Duda et al., 2014; Baron et al., 2015; Xiao et al., 2015; Marchesi et al., 2016)

Svantaggi. In alcuni studi è stato rilevato un possibile aumento di micobatteri, coliformi e batteri eterotrofi nelle acque condottate trattate con monoclorammina. (Pryor et al., 2004; Moore et al., 2006; Lin et al., 2011). Non può essere utilizzata per le acque di dialisi ed è incompatibile con alcuni tipi di gomma impiegata nelle guarnizioni idrauliche (WHO, 2007); l'odore di ammonio può essere sgradevole (Lin et al., 2011).

d. Ionizzazione rame-argento

Principio del metodo. Gli ioni rame e argento caricati positivamente formano legami elettrostatici con punti caricati negativamente alla superficie dei batteri; ciò crea una situazione di stress che porta a distorsione nella permeabilità della parete cellulare, denaturazione delle proteine, lisi e morte della cellula (Walraven et al., 2015).

Procedura. Gli ioni rame e argento sono generati elettroliticamente in quantità proporzionale all'intensità di corrente applicata agli elettrodi e al tempo di elettrolisi. È richiesta una concentrazione tra 0,2 e 0,4 mg/L di Cu e tra 0,02-0,04 mg/L per lo ione argento (Lin et al., 2011).

Efficacia. L'efficacia di questo metodo è largamente documentata in studi sul campo condotti per mesi e/o anni in strutture sanitarie (Stout et al., 2003; Modol et al., 2007; Chen et al., 2008; Dziewulski et al., 2015). Casi di inefficacia sono descritti in tre studi (Rohr et al., 1999; Mathys et al., 2002; Blanc et al., 2005). Alcune pubblicazioni riportano che questi ioni sono capaci di penetrare nei biofilm (Liu et al., 1998; Exner et al., 2005).

Vantaggi. Il metodo è di facile applicazione, relativamente poco costoso e non è influenzato dalla temperatura dell'acqua. Inoltre, dato che il rame si accumula nel biofilm, l'effetto battericida persiste per alcune settimane dalla disattivazione del sistema di trattamento ritardando la ricolonizzazione. Non è stata riscontrata la formazione di sottoprodotti di disinfezione (Liu et al., 1998).

Svantaggi. Poiché le concentrazioni degli ioni rame e argento sono soggette a fluttuazioni con il pH dell'acqua (valore ottimale: 6 - 8), è necessario controllare sistematicamente la loro concentrazione anche per non eccedere i valori consigliati per le acque potabili. Sia il cloro libero residuo che gli inibitori della corrosione possono alterare la concentrazione degli ioni rame, riducendone l'efficacia. Concentrazioni eccessive possono dar luogo a incrostazioni sugli elettrodi e depositi sul fondo dei serbatoi, colorano l'acqua e macchiano di violetto le superfici porcellanate dei lavandini (Triantafyllidou et al., 2016).

Tale tecnica non è adatta al trattamento di reti idriche in acciaio inox, acciaio zincato e rame a causa di fenomeni ossido-riduttivi che si possono innescare tra le tubazioni e il disinfettante. Esistono dati che indicano la possibilità di sviluppo di resistenza nel tempo da parte di Legionella sia al rame che all'argento (Loret et al., 2005; Lin et al., 2011).

e. Perossido di idrogeno e argento

Principio del metodo. Il trattamento viene effettuato tramite una soluzione stabile e concentrata contenente perossido di idrogeno (acqua ossigenata) e ioni argento, sfruttando l'azione battericida di ciascun componente e la sinergia che tra di loro si sviluppa (effetto catalitico dello ione argento). L'impiego di questo disinfettante è relativamente recente e necessita di ulteriori conferme sperimentali.

Procedura. Il reagente, in soluzione stabilizzata, viene immesso in rete mediante una pompa dosatrice controllata da un idoneo dispositivo di regolazione in funzione del flusso dell'acqua da trattare.

Efficacia. La concentrazione in acqua proposta da alcuni autori per il controllo della contaminazione della rete idrica è di 10-20 mg/L per il perossido di idrogeno e di 10 µg/L per lo ione argento (Shuval et al., 2009; Cristino et al., 2012).

Vantaggi. L'azione ossidante del perossido di idrogeno è considerata meno aggressiva di quella esercitata dal biossido di cloro o dal cloro e non si associa alla formazione di sottoprodotti inorganici e organici. La concentrazione degli ioni argento è estremamente modesta per cui l'aggiunta dell'argento potrebbe non essere indispensabile per ottenere il controllo della contaminazione da Legionella.

Svantaggi. Poiché le concentrazioni di perossido di idrogeno e di ioni argento sono soggette a fluttuazioni, è necessario controllarne sistematicamente il loro valore.

Allo stato attuale non esistono prove esaustive sul comportamento dinamico di tale disinfettante nel tempo.

f. Ozonizzazione

Principio del metodo. L'ozono è un biocida in grado di danneggiare irreversibilmente il DNA dei microrganismi. Viene introdotto in acqua alla concentrazione di 1-2 mg/L da un generatore operante in funzione della velocità di flusso dell'acqua da trattare. Tuttavia, essendo caratterizzato da un tempo di emivita estremamente breve non ha effetto residuo, per cui non può essere impiegato nel trattamento sistemico dell'impianto. Gli impianti che producono ozono sono normalmente molto costosi. Ha un minimo impatto sul biofilm, produce sottoprodotti e, ad alte dosi, può danneggiare le condutture (Von Gunten, 2003). I pochi studi esistenti riguardanti l'utilizzo sul campo dell'ozono ne riportano l'inefficacia nel

controllare la contaminazione da Legionella a causa della difficoltà nel mantenere adeguate concentrazioni nel tempo (Blanc et al., 2005; Ortolano et al., 2005; Palmore et al., 2009).

#### PIANO DI CONTROLLO E MANUTENZIONE

Nella rete idrosanitaria, nonostante sia maggiore la probabilità di riscontrare il batterio nell'impianto di distribuzione dell'acqua calda, è necessario effettuare anche il campionamento dell'impianto di distribuzione dell'acqua fredda sanitaria da effettuarsi in relazione agli esiti della valutazione del rischio.

Il percorso dell'acqua dovrebbe essere monitorato dal suo punto di partenza (punto di alimento idrico della rete, ossia dall'allacciamento all'acquedotto od al punto d'emungimento d'acqua di pozzo) fino ai terminali di utilizzo (erogatori sentinella).

A seguire, si riporta l'elenco dei principali punti di controllo, da utilizzarsi come riferimento per la definizione della più opportuna mappatura analitica della rete idrica oggetto d'indagine:

- ✓ allacciamento all'acquedotto od al punto d'emungimento d'acqua di pozzo;
- ✓ accumuli acqua fredda destinata al consumo umano, serbatoi/bollitori acqua calda sanitaria (alla base e ad 1/3 dell'altezza, quando possibile);
- ✓ tutti i siti in cui possono essere presenti fenomeni di ristagno, sedimentazione od incrostazioni significative;
- ✓ utenze poco utilizzate;
- ✓ ricircolo dell'acqua calda sanitaria (anello di distribuzione);
- ✓ erogatori a servizio di bagni e/o docce distali (erogatori sentinella);
- ✓ addolcitori.

Il campionamento dei punti di controllo deve riguardare l'acqua sanitaria sia calda che fredda. Quando questa è  $\leq 20$  °C il numero dei campioni può essere ridotto. La definizione di quali e quanti punti di controllo sottoporre a campionamento deve essere motivata dalla valutazione del rischio legionellosi, così come la frequenza d'esecuzione di tali controlli analitici.

Legionella è un microrganismo appartenente al gruppo 2 di rischio come indicato nel Titolo X del D. Lgs n. 81 del 9 Aprile 2008 e successive modifiche ed integrazioni (s.m.i.), i campioni in cui essa può essere presente, devono essere maneggiati da personale esperto operando con appropriati dispositivi di protezione individuale.

È necessario pianificare e mettere in atto attività di manutenzione di un impianto idrico per prevenire e contenere la contaminazione. Di seguito alcuni esempi di attività manutentive:

- decalcificazione degli elementi meno usurati mediante immersione in soluzione acida (acido sulfamico, acido acetico, ecc.) e successiva disinfezione, per un tempo non inferiore a 30 min, in acqua fredda contenente almeno 50 mg/L di cloro libero;
- sostituzione di giunti, filtri ai rubinetti, soffioni e tubi flessibili usurati alle docce, nonché di ogni altro elemento di discontinuità. La frequenza della sostituzione è usualmente in funzione delle caratteristiche dell'acqua. Ad esempio maggiore è la durezza dell'acqua, più frequente sarà la formazione di calcare e quindi l'usura degli elementi idraulici;
- ispezione e trattamento dei serbatoi di accumulo dell'acqua fredda e dell'acqua calda sanitaria;
- pulizia interna della rete idrica sanitaria con sistema aria/acqua continuo e/o ad intermittenza;
- sanificazione della rete idrica sanitaria mediante sistemi efficaci e appropriati ai materiali che costituiscono la rete.

Nell'espletamento delle operazioni sopra descritte occorre operare in conformità ai dettami del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., al fine di attuare tutte le misure di sicurezza necessarie ad esercitare la tutela prevista nei confronti del rischio di esposizione degli operatori e degli utenti a Legionella nelle strutture sottoposte a trattamento.

## **Impianti aeraulici**

In un impianto aeraulico le aree a rischio di contaminazione da legionella sono quelle in cui è presente l'acqua, in particolare le sezioni di umidificazione, i sifoni di drenaggio all'interno delle Unità di Trattamento dell'Aria (UTA), le torri di raffreddamento e i condensatori evaporativi.

UTA è l'acronimo di unità trattamento aria ovvero un dispositivo per il trattamento ed il ricambio dell'aria negli ambienti deputati al riscaldamento o raffreddamento della stessa.

Impianti di raffreddamento a torri di evaporative e condensatori evaporativi: apparecchiature che consentono di raffreddare un flusso d'acqua riscaldatosi durante il raffreddamento di un impianto tecnologico. Il rischio è collegato alla presenza nell'acqua di *Legionella* ed all'ampia dispersione in atmosfera di un aerosol contaminato, costituito da gocce di varie dimensioni.

Il principio di funzionamento è fondato sullo scambio di calore che avviene tra l'aria ambiente (che può avere un grado di umidità più o meno elevato) insufflata (o naturalmente o anche attraverso dei ventilatori) in controcorrente rispetto all'acqua che deve essere raffreddata distribuita come pioggia di finissime goccioline.

### Unità di trattamento aria

Le regole di progettazione da seguire sono innanzi tutto relative alle prese d'aria che devono essere distanti dai camini, torri di raffreddamento, condensatori evaporativi, e bocche di espulsione dell'impianto stesso. Se poste su pareti verticali non protette, devono essere dotate di efficaci sistemi per evitare che l'acqua penetri al loro interno.

Altro elemento basilare degli impianti di condizionamento sono le condotte di aerazione; è necessario dotare gli accessori posti sulle condotte di apposite aperture per l'ispezione e la pulizia e di raccordi per consentire un rapido ed agevole smontaggio e rimontaggio. Gli eventuali condotti flessibili e corrugati, peraltro da evitarsi negli impianti nuovi, devono essere realizzati con materiali sufficientemente solidi da permettere la pulizia meccanica.

Come filtri sono consigliati quelli di classe Eurovent EU7 a monte delle unità di trattamento dell'aria e ulteriori filtri di classe EU8/9 a valle di dette unità e comunque a valle dei silenziatori.

I silenziatori, normalmente utilizzati con materiali fonoassorbenti del tipo poroso e fibroso, sono elementi a rischio. È quindi raccomandato l'impiego di idonee finiture superficiali e il loro posizionamento il più lontano possibile dagli umidificatori.

Le Unità di Trattamento Aria (UTA) devono essere realizzate con materiali atti a prevenire la formazione di ossidi di ferro sulle superfici a contatto con l'aria da trattare o con la condensa generata dal trattamento. Occorre installare i bacini di raccolta della condensa con un'inclinazione appropriata al fine di evitare ristagni oltre che utilizzare per la costruzione degli stessi materiali anticorrosivi. Se già esistenti UTA con bacini di raccolta della condensa con inclinazioni che comportano ristagni e non è possibile una loro modifica, è necessario prendere in considerazione sistemi di disinfezione dell'acqua stagnante.

Come sistema di umidificazione è meglio evitare umidificatori adiabatici a pacco bagnato o nebulizzatori d'acqua, preferendo quelli a mezzo di vapore; se già esistenti e non eliminabili, la qualità dell'acqua spruzzata deve essere controllata e, quando occorre, disinfettata. Occorre prevedere che dopo ogni ciclo di umidificazione il sistema attivi lo svuotamento degli ugelli nebulizzatori mediante, ad esempio, passaggio di aria compressa che, come quella di trasporto, provenga da un ciclo di compressione nel cui ambito la temperatura raggiunta sia tale da eliminare qualsiasi forma batterica.

### Torri e condensatori evaporativi

Nell'acqua di queste apparecchiature la Legionella trova tutte le condizioni per svilupparsi, in quanto la temperatura varia in genere da 30°C a 35°C, non mancano le sostanze nutritive ed è facile la formazione dei biofilm. L'acqua tratta dalla torre può formare goccioline di piccole dimensioni (5 µm) che, se trascinate dall'aria e non arrestate dal separatore di gocce, possono veicolare la Legionella all'esterno della torre di raffreddamento ovvero nell'atmosfera.

In conseguenza di quanto sopra esposto, non devono essere installate:

- in prossimità di finestre, prese d'aria a parete di edifici, prese d'aria di impianti di condizionamento, in modo da evitare che l'aria di scarico proveniente dalle torri e dai condensatori evaporativi entri negli edifici;
- in zone destinate a frequentazione o raccolta di pubblico.

La letteratura internazionale fornisce metodi analitici per calcolare la distanza minima tra bocche di scarico e prese d'aria in base a velocità e direzione del flusso in uscita.

Le componenti critiche di una torre di raffreddamento sono:

- bacino di raccolta acqua;
- sezione di aspirazione dell'aria;
- materiale di riempimento (superficie o pacco di scambio);
- sistema di distribuzione dell'acqua;
- separatore di gocce;
- accessibilità alla torre.

Pertanto occorre progettare e installare questi impianti tecnologici:

- adottare separatori di gocce ad alta efficienza;
- prevedere efficaci protezioni atte a evitare la fuoriuscita di gocce dal bacino;
- facilitare l'accesso alle zone soggette ad ispezione e manutenzione;
- considerare eventuali trattamenti delle acque;
- garantire il drenaggio completo del bacino;
- garantire la circolazione del fluido nella tubazione di bilanciamento;
- impiegare materiali che minimizzano la corrosione;
- valutare e scegliere con attenzione il luogo ove collocarla.

I gestori di tutti gli impianti elencati sono tenuti a conservare la documentazione relativa a:

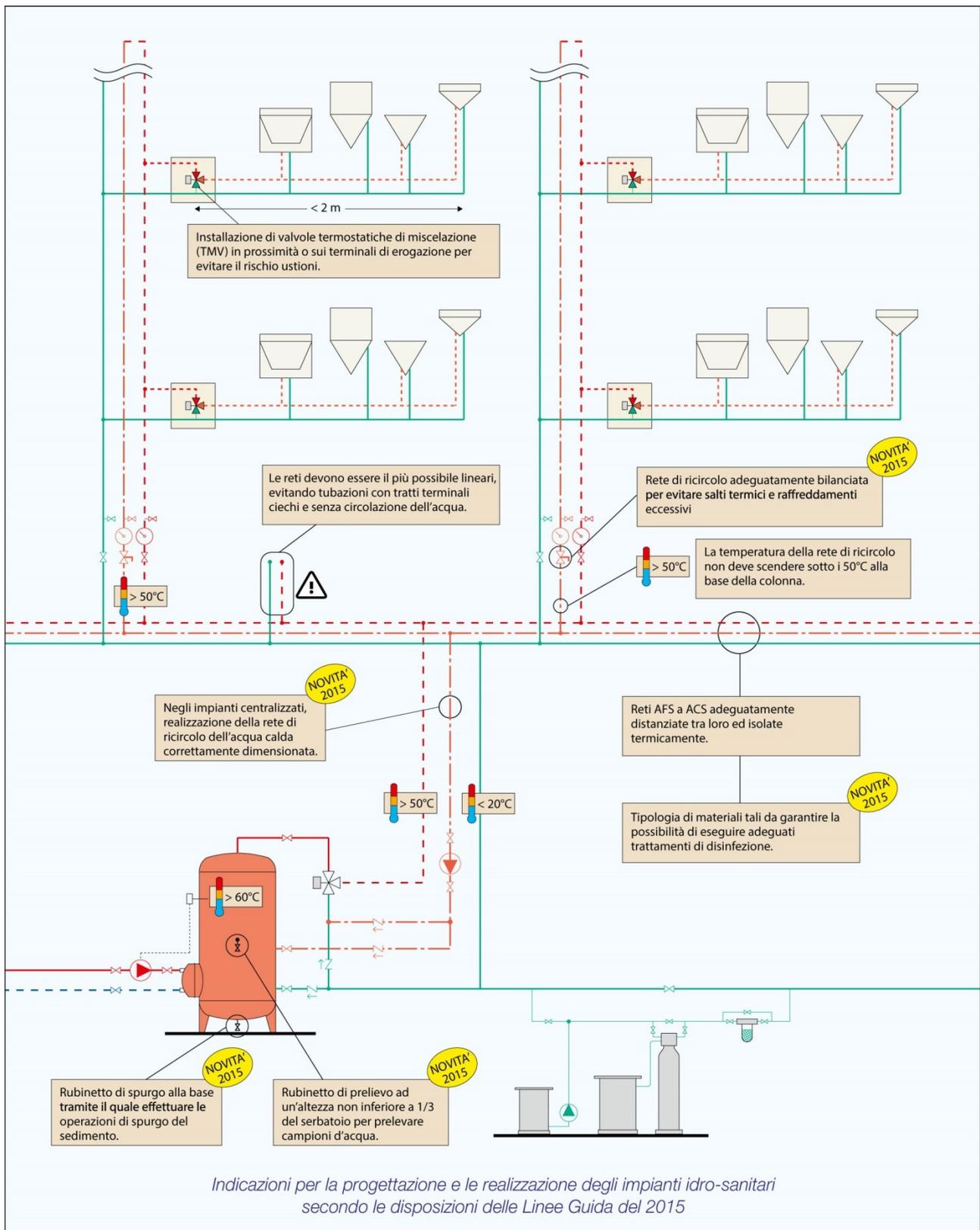
- eventuali modifiche apportate a ciascun impianto a rischio;
- interventi di manutenzione ordinari e straordinari, relativi al controllo del rischio, applicati su ciascun impianto a rischio;
- operazioni di pulizia e disinfezione applicati su ciascun impianto a rischio.

**ALCUNI ESEMPI**

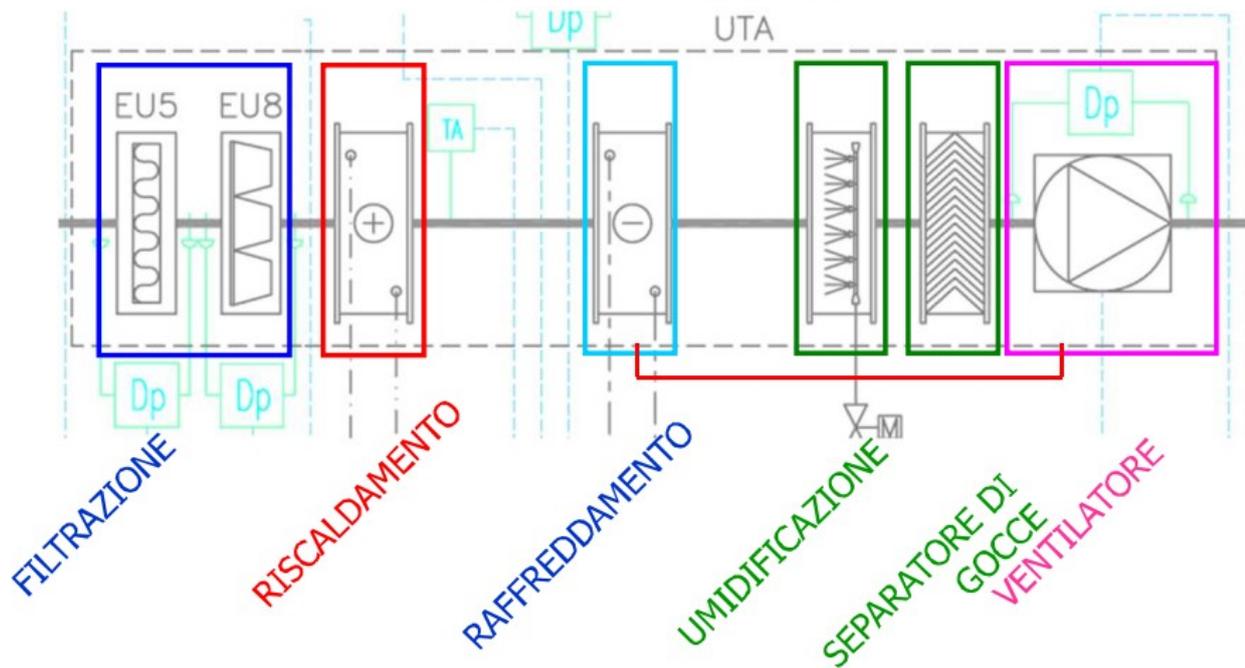
*Compatibilità dei materiali allo shock termico e loro influenza per lo sviluppo della Legionella*

	Temperatura massima di utilizzo	Compatibilità allo shock termico (>60°C)	Influenza del materiale per lo sviluppo del batterio Legionella		
			25°C	55°C	60°C
<b>Acciaio zincato</b>	60°C				
<b>Acciaio inox</b>	120°C				
<b>Rame</b>	110°C				
<b>PP (Polipropilene)</b>	80°C				
<b>PEX (Polietilene reticolato)</b>	90°C				
<b>Multistrato</b>	90°C				



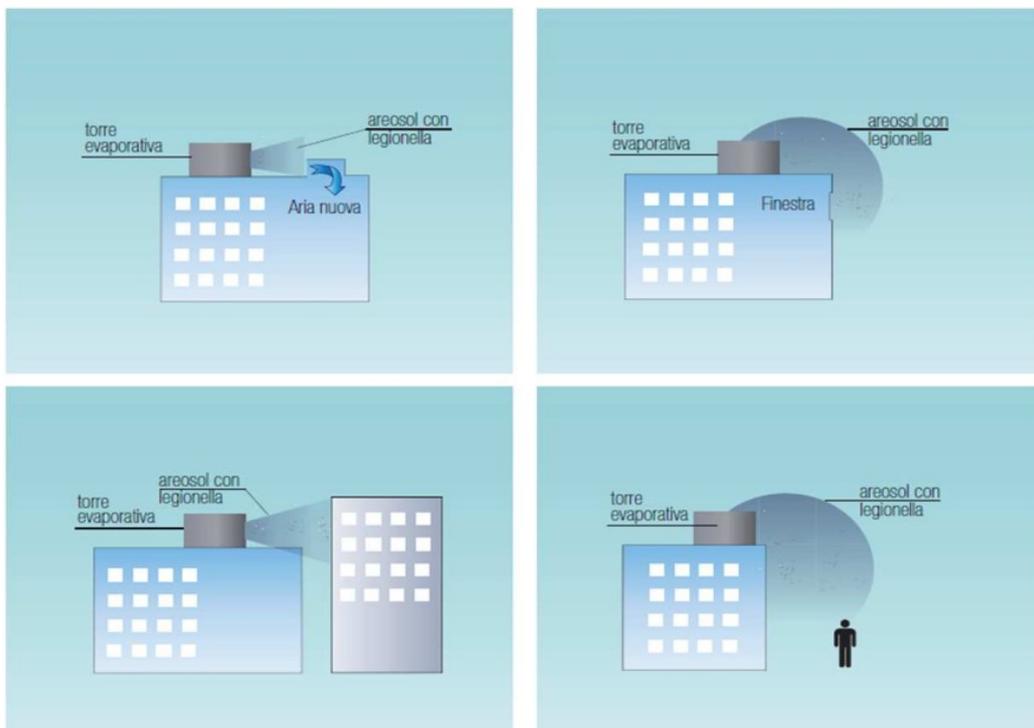


### UTA Unità Trattamento Aria



### Torre di raffreddamento:

Installazione CRITICITA' POSIZIONAMENTI



### **Bibliografia**

- Rapporto tecnico UNI CEN/TR 16355 con titolo “Raccomandazioni per la prevenzione della Legionella all’interno degli edifici che convogliano acqua per il consumo umano”
- Linee guida per la prevenzione ed il controllo della legionellosi. A cura di Ministero della Salute. Edizione 2015
- Sicurezza dell’acqua negli edifici - Versione italiana del documento “Water Safety in buildings” pubblicato da WHO nel marzo 2011- Traduzione italiana Rapporti ISTISAN 12/47
- ISPESL - Quinta raccolta: contributi tecnici, normativi e di attualità sulla salute e sicurezza del lavoro. Il punto di vista ingegneristico su prevenzione e gestione del rischio Legionella negli ambienti di lavoro (maggio 2010 - pagg. 55-64)
- Accordo Conferenza Stato-Regioni 07.02.2013 - Valutazione e gestione dei rischi correlati all’igiene degli impianti di trattamento aria
- Linee Guida per la definizione di protocolli tecnici di manutenzione predittiva sugli impianti di climatizzazione GU n.256 del 03/11/2006
- Rapporto ISS Covid-19 n. 21/2020: Guida per la prevenzione della contaminazione da Legionella degli impianti idrici di strutture turistico recettive, e altri edifici ad uso civile e industriale non utilizzati durante la pandemia Covid-19