

Manutenzione impianti e comfort termico: strategie per ridurre i costi energetici e migliorare la IAQ

IN QUESTO SPECIALE

- L'importanza della pulizia degli impianti per la performance e la salubrità degli ambienti Interni p.3
- Riduzione dell'umidità e prevenzione della muffa p.15
- Filtrazione e riduzione degli agenti inquinanti indoor p.22
- Prodotti chimici e attrezzature innovative per la pulizia degli impianti p.26
- Prevenzione della corrosione e dei depositi negli impianti p.31
- Intervista a Ing. Gregorio Mangano - AIISA** p.38



INTRODUZIONE

A cura dell' Ing. PhD Stefano Pili

La manutenzione degli impianti non è solo una pratica tecnica obbligatoria, ma un elemento strategico per garantire comfort termico, efficienza energetica e una migliore qualità dell'aria interna (IAQ). In edifici residenziali, scolastici o adibiti a uffici, un impianto ben mantenuto influisce direttamente sul benessere delle persone e sulla produttività, riducendo i rischi legati a inquinanti, muffe e microrganismi che possono compromettere la salubrità degli ambienti.

La scarsa manutenzione, al contrario, porta a un peggioramento delle prestazioni, a consumi energetici più elevati e a una diminuzione della vita utile delle apparecchiature. Studi internazionali dimostrano che la pulizia e la manutenzione periodica possono ridurre i consumi degli impianti HVAC fino al 30%, con un impatto positivo non solo sui costi, ma anche sulla sostenibilità.

In un contesto in cui le politiche europee puntano a edifici a basse emissioni e sempre più efficienti, la manutenzione degli impianti diventa un investimento che unisce risparmio economico, tutela della salute e riduzione della povertà energetica. Un approccio proattivo e costante consente infatti di ottimizzare il funzionamento dei sistemi e di creare ambienti interni più sani, confortevoli ed energeticamente performanti. L'efficienza di un edificio non si limita tuttavia agli

impianti: l'isolamento termico dell'involucro edilizio costituisce un prerequisito imprescindibile per il conseguimento di elevate performance energetiche (e acustiche). Una corretta progettazione e realizzazione del sistema isolante permette il contenimento delle dispersioni invernali e dei carichi termici estivi, riducendo il fabbisogno energetico per la climatizzazione "attiva" e contribuendo a garantire condizioni di comfort ottimali in tutte le stagioni.

L'evoluzione dei sistemi di climatizzazione residenziale si inserisce in questo quadro più ampio di transizione energetica, che spinge il settore verso soluzioni a minore impatto ambientale e a maggiore integrazione tecnologica. In tale scenario, la manutenzione e la gestione efficiente degli impianti non sono più attività marginali, ma componenti essenziali di una strategia che tiene insieme obiettivi ambientali, economici e sociali.

Questo speciale intende quindi approfondire il ruolo della manutenzione come leva strategica, analizzando il quadro normativo, le metodologie operative, gli standard di qualità e le soluzioni tecnologiche disponibili. Un percorso che offre a progettisti, manutentori, installatori e stakeholder istituzionali strumenti di conoscenza utili per affrontare le sfide del settore, valorizzando una pratica che oggi è motore imprescindibile di comfort, efficienza e sostenibilità.

1.

L'IMPORTANZA DELLA PULIZIA DEGLI IMPIANTI PER LA PERFORMANCE E LA SALUBRITÀ DEGLI AMBIENTI INTERNI

La pulizia e la manutenzione periodica di impianti termici e di climatizzazione sono fondamentali per garantire la performance e l'efficienza dei sistemi e contribuiscono in maniera sostanziale alla salubrità degli ambienti in cui viviamo. La qualità degli ambienti interni degli edifici, siano essi residenziali che adibiti a luoghi di lavoro, è un fattore determinante per la salute e il benessere in quanto è lì che si trascorre gran parte del proprio tempo.

Gli aspetti fondamentali che determinano la Qualità dell'Ambiente Interno (Indoor Environmental Quality - IEQ) includono (tabella 1): la qualità dell'aria (Indoor Air Quality - IAQ), il comfort termico, il comfort visivo e il comfort acustico.

La qualità dell'aria viene solitamente legata alla presenza e concentrazione di inquinanti come VOC, CO₂, formaldeide, radon, e particolato (PM₁₀/PM_{2.5}), oltre a un tasso di ricambio dell'aria sufficiente che limita gli odori sgradevoli e regola l'umidità interna. Il comfort termico è principalmente basato sul mantenimento dei parametri di temperatura e umidità all'interno di un intervallo di accettabilità, ma è influenzato anche dalla velocità dell'aria interna e dai materiali che delimitano l'ambiente.

Il comfort visivo è garantito da un'illuminazione adeguata, e il comfort acustico da un buon isolamento dai rumori. Questi parametri non misurano fenomeni isolati, ma fortemente interconnessi e contribuiscono a creare una sensazione complessiva di benessere che pure essendo soggettiva e misurabile secondo specifici standard. Ad esempio, garantire che l'umidità relativa dell'aria (UR) stia entro certi limiti migliora la sensazione del comfort termico e preserva le strutture dalla proliferazione delle muffe per condensa superficiale, contribuendo alla salubrità dell'aria.

	Parametro	Descrizione
 Qualità dell'Aria	Inquinanti Chimici	Composti Organici Volatili (VOC), formaldeide, benzene, radon, monossido di carbonio.
	Inquinanti Fisici	Particolato fine (PM ₁₀ e PM _{2.5}).
	Inquinanti Biologici	Batteri, virus, muffe, acari.
	Ricambio d'Aria	Tasso di ricambio dell'aria. Limiti raccomandati per CO ₂ e umidità relativa (40-60%).
 Comfort Termico	Temperatura	Temperatura adeguata (20-26°C) per il benessere.
	Umidità Relativa (UR)	Il mancato rispetto dei limiti di UR (40% - 60%) peggiora notevolmente il confort percepito a parità di temperatura interna.
	Ventilazione	Garantire il ricambio d'aria naturale o meccanico, mantenendo moderata la velocità dell'aria
	Temperatura radiante	La presenza di superfici particolarmente fredde o calde nell'ambiente (es. una vetrata) peggiora notevolmente il confort percepito a parità di temperatura interna.
 Comfort Visivo	Livello di illuminazione (naturale o artificiale)	La normativa propone dei livelli di illuminazione minimi, misurati sul piano di lavoro, che differiscono a seconda dell'attività svolta.
	Assenza di abbagliamento	L'abbagliamento dipende dai materiali presenti nell'ambiente e dal tipo e dal posizionamento delle sorgenti luminose.
 Comfort Acustico	Isolamento acustico delle strutture	Isolamento delle strutture dai rumori (calpestio, esterni, tra ambienti adiacenti, ..) per favorire benessere e concentrazione.
	Silenziosità degli impianti	Gli impianti tecnologici devono garantire un basso livelli di rumorosità in esercizio

Tabella 1 – principali parametri che influenzano la qualità dell'ambiente interno (IEQ)

Contrariamente a un'opinione diffusa, l'aria negli ambienti confinati può essere molto più inquinata di quella esterna, la scarsa qualità dell'aria interna (IAQ, da Indoor Air Quality) è stata associata a una serie di problemi di salute noti come "Sindrome dell'Edificio Malato" (Sick Building Syndrome), che si manifesta con sintomi aspecifici come mal di testa, affaticamento, irritazioni delle vie respiratorie e agli occhi. E ormai appurato che anche lo scarso comfort termico e l'inquinamento acustico nei luoghi di lavoro o di residenza possano influenzare negativamente le capacità di concentrazione degli occupanti ed alla lunga impattare sul loro stato di salute psico-fisico. Queste patologie hanno un impatto diretto non solo sulla salute degli occupanti, ma anche sulla produttività lavorativa: un miglioramento della qualità dell'aria, e più in genera dell'ambiente interno, può aumentare significativamente le performance cognitive e la produttività del personale, mentre uno scarso IEQ si traduce in una diminuzione della concentrazione e un aumento dell'assenteismo.

Al di là dei benefici per la salute, la pulizia e la bonifica degli impianti hanno un impatto diretto e quantificabile sulle prestazioni operative e sull'efficienza energetica. Secondo gli studi dello standard ACR (Assessment, Cleaning, and Restoration) dell'associazione NADCA (National Air Duct Cleaners Association), la pulizia regolare dei sistemi può ridurre i consumi energetici degli impianti HVAC anche del 30%. Negli impianti aeraulici lo sporco accumulato nei filtri e nelle batterie di scambio termico può aumentare la perdita di pressione e costringendo i ventilatori a un lavoro extra, da cui si genera maggiore assorbimento elettrico. Anche negli impianti idronici, la pulizia chimica può migliorare l'efficienza e le prestazioni fino al 15-20%, generando un risparmio economico notevole per l'utente finale. L'adozione di un approccio di manutenzione proattiva e costante, basato sulla prevenzione, si può tradursi in un investimento che genera un ritorno tangibile in termini di riduzione dei costi energetici, estensione della vita utile delle apparecchiature e miglioramento della salute e del benessere degli occupanti. Al contrario la mancata pulizia di un sistema HVAC, ad esempio, innesca una reazione a catena: l'accumulo di sporcizia aumenta la perdita di carico, obbligando i motori a consumare più energia per mantenere il flusso d'aria desiderato. Contemporaneamente, la qualità dell'aria immessa diminuisce, causando malessere e calo di produttività nel personale. Nei luoghi di lavoro il costo della pulizia regolare e



professionale di un impianto può essere ampiamente compensato dai risparmi energetici, dalla riduzione delle assenze per malattia e dal miglioramento del rendimento del capitale umano. La valutazione della IAQ e del microclima non sono più discipline specialistiche legate alla sicurezza di ambienti vincolati a situazioni di particolare rischio (laboratori, ospedali, ...), ma diventano una componente essenziale per la progettazione e soprattutto nella gestione e la manutenzione di ambienti di vita e di lavoro che siano sani e produttivi. L'approccio integrato tra i diversi componenti che influenzano la qualità degli ambienti, è il fondamento di una gestione moderna ed efficiente degli edifici e dei suoi sistemi tecnologici, in questo si approfondiranno alcuni aspetti relativi alla qualità dell'aria ed al comfort termico.

La tematica della IEQ sta avendo una importanza crescente anche nelle politiche europee e negli obiettivi legati allo sviluppo sostenibile della Commissione Europea per i suoi impatti sociali ed economici e per la forte interconnessione con il fenomeno della "Povertà energetica". Secondo la raccomandazione della UE (Racc. 2023/2407, Racc. 2024/1590), la "povertà energetica" è la condizione in cui le famiglie non possono permettersi di riscaldare adeguatamente le proprie abitazioni a un costo ragionevole. È un problema che affligge milioni di persone in Europa e si lega indissolubilmente alla qualità degli edifici e dei suoi sistemi tecnologici ed ovviamente condiziona direttamente la IEQ soprattutto nelle sue componenti di comfort termico e di qualità dell'aria.

Secondo la definizione UE, le cause della povertà energetica sono da ricercarsi nei:

- **Bassi redditi:** Le famiglie povere hanno meno risorse per far fronte alle bollette energetiche elevate.
- **Bassa efficienza energetica degli edifici:** Le case più vecchie e mal isolate richiedono molta energia per essere riscaldate o raffreddate, aumentando notevolmente i costi.
- **Costi energetici elevati:** I prezzi dell'energia, spesso volatili, impattano maggiormente i bilanci familiari già precari.

L'approccio strategico della Unione Europea riconosce la necessità di affrontare congiuntamente la povertà energetica e la scarsa IEQ. La Direttiva EPBD (UE) 2024/1275, nota anche come "Direttiva Case Green", è la principale politica in materia e affronta il problema in modo diretto in quanto riguarda:

- **La Ristrutturazione degli edifici con le peggiori prestazioni:** La direttiva impone agli Stati membri di adottare misure per ristrutturare gli edifici meno efficienti, che devono privilegiare le famiglie in condizioni di povertà energetica.
- **La diffusione degli Edifici a emissioni zero (ZEB):** La direttiva promuove la costruzione di edifici a emissioni zero a partire dal 2030, garantendo che le nuove abitazioni siano efficienti dal punto di vista energetico fin dall'inizio.
- **L'attivazione di Sostegno finanziario e tecnico:** Per garantire una transizione giusta, l'EPBD prevede la creazione di quadri di supporto che includono assistenza tecnica e finanziamenti dedicati per le famiglie a basso reddito, al fine di aiutarle a sostenere i costi di ristrutturazione.
- **La sensibilizzazione sul tema della IEQ:** la direttiva propone di integrare parametri di IEQ nella valutazione delle caratteristiche delle performance degli edifici e delle abitazioni obbligatorie per legge.
- conservare nel tempo prestazioni e caratteristiche di sicurezza, contrastando il degrado dovuto all'usura e l'invecchiamento;
- ridurre i costi di gestione e le perdite di produzione causate dal degrado e dall'invecchiamento precoce;
- rispettare le disposizioni legislative inerenti la salubrità degli ambienti.

Il decreto attribuisce (art. 64) al datore di lavoro il dovere di assicurare che i luoghi di lavoro siano conformi a tali requisiti,

pena l'applicazione di sanzioni penali che prevedono l'arresto da tre a sei mesi o ammende da 2.000 a 10.000 euro. A queste si aggiungono responsabilità civili e penali in caso di danni alla salute dei lavoratori riconducibili a negligenza nella gestione degli impianti, in particolare in caso di epidemie di Legionellosi. Per dimostrare la conformità alle normative e salvaguardare la propria posizione legale, il datore di lavoro ha l'obbligo di redigere un adeguato Documento di Valutazione del Rischio (DVR) e dare applicazione ai protocolli di gestione ivi contenuti.

Mentre il D.Lgs. 81/08 impone l'obbligo generico della manutenzione ed individua le responsabilità, le norme

tecniche e le linee guida specificano i requisiti operativi, i parametri da rispettare e la periodicità degli interventi per i diversi tipi di sistemi impiantistici, che si configurano come adempimenti agli obblighi di legge. La conformità alle norme tecniche non è perciò un'opzione o una semplice indicazione per la buona gestione dei sistemi, il mancato

adempimento di una prescrizione tecnica rappresenta una chiara prova di negligenza, con conseguenze dirette per il responsabile in caso di problemi legali. I principali standard tecnici di riferimento per la pulizia e manutenzione degli impianti riguardano: la progettazione e manutenzione degli impianti aerulici (UNI 10339), i requisiti chimico-fisici delle acque tecniche degli impianti (UNI 8065:2019) e la prevenzione della legionellosi (Atti n. 79/CSR 2015).

RIFERIMENTI NORMATIVI DELLA MANUTENZIONE DEGLI IMPIANTI

Il quadro normativo italiano per la manutenzione degli impianti è orientato alla tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori e degli occupanti, da cui discendono precisi obblighi per la pulizia degli impianti di climatizzazione.

Il riferimento normativo principale è il Decreto Legislativo

81/2008 (Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro), che affronta in modo dettagliato la contaminazione e il cattivo stato igienico degli impianti aerulici. L'Allegato IV, art. 1.9.1.3 e 1.9.1.4, impone esplicitamente che gli impianti di condizionamento o ventilazione meccanica "siano periodicamente sottoposti a controlli, manutenzione, pulizia e sanificazione per la tutela della salute dei lavoratori" e che qualsiasi sedimento o sporcizia che possa costituire un pericolo per la salute debba essere eliminato rapidamente. In linea generale si prevede che attrezzature, dispositivi, impianti e luoghi di lavoro siano progettati e realizzati a regola d'arte, e che siano individuate preventivamente le attività di manutenzione i cui scopi si possono così schematizzare:



Norma UNI 10339:

Questo standard tecnico, introdotto nel 1995, rimane ancora il punto di riferimento per gli impianti aeraulici. Stabilisce i volumi minimi di aria da introdurre negli ambienti in base alla loro destinazione d'uso e al numero di persone presenti, con l'obiettivo di mantenere condizioni ottimali di qualità, movimento dell'aria e comfort termigrometrico.

Norma UNI 8065:2019:

entrata in vigore il 18 luglio 2019 in sostituzione della precedente UNI 8065:1989, definisce i requisiti chimici e chimico-fisici delle acque per impianti di climatizzazione, acqua calda sanitaria e solari termici, specificando il trattamento d'acqua obbligatorio con inibitori, filtri defangatori e, se necessario, addolcitori. La norma definisce anche le attività di manutenzione e controllo, prevedendo l'obbligo del lavaggio e il risanamento degli impianti in caso di sostituzione del generatore e stabilisce un corretto utilizzo di condizionanti chimici per prevenire corrosione, incrostazioni e proliferazioni microbiche, garantendo così efficienza energetica e durabilità dell'impianto.

Le Linee Guida per la prevenzione e il controllo della Legionellosi (Atti n. 79/Conferenza Stato Regioni del 7 maggio 2015), fornisce indicazioni per la valutazione e la gestione del rischio legato a questo patogeno negli impianti aeraulici e idrici.

LA MANUTENZIONE PER LA SICUREZZA ED EFFICIENZA DEGLI IMPIANTI

Per quanto riguarda il **mantenimento delle caratteristiche di sicurezza ed efficienza dei sistemi**, la norma di riferimento è il 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 (**D.P.R. 74/2013**). Il decreto introduce e regola tutti gli adempimenti obbligatori relativi alla conduzione degli impianti termici che ricadono in capo ai responsabili che hanno l'obiettivo di garantire la sicurezza e l'efficienza energetica dei sistemi.

A tal fine, perciò, il decreto definisce il **ruolo del responsabile dell'impianto e la figura del terzo responsabile**, introduce il libretto di impianto per registrare i dati tecnici e le attività sull'impianto, stabilisce i contenuti e la periodicità dei controlli di efficienza energetica, nonché i limiti di esercizio e le temperature massime consentite durante la conduzione invernale ed estiva.

Il responsabile dell'impianto è il proprietario della unità immobiliare, chi occupa l'immobile, l'amministratore (in caso di condomini o edifici) o il legale rappresentante in caso di società o enti pubblici. La responsabilità delle operazioni di

esercizio, conduzione, controllo e manutenzione può però essere delegata a un "Terzo responsabile" ovvero un professionista abilitato, come ditte certificate secondo la norma UNI EN ISO 9001 o con attestazione di categoria specifica. Tuttavia, rimane in capo al proprietario l'onere di mettere il terzo responsabile in condizione di attuare tutte le azioni necessarie a mettere in regola l'impianto rispetto alle prescrizioni contenute nella norma.

Vale forse la pena approfondire la **definizione di impianto termico** che ha avuto alcune recenti modifiche dal d.lgs. 192/2005, ad opera dello stesso D.P.R. 74/2013 e del Dlgs n. 48/2020, in attuazione della Direttiva UE 2018/844 sulla prestazione energetica degli edifici: *"impianto tecnologico fisso destinato ai servizi di climatizzazione invernale o estiva degli ambienti, con o senza produzione di acqua calda sanitaria o destinato alla sola produzione di acqua calda sanitaria, indipendentemente dal vettore energetico utilizzato, comprendente eventuali sistemi di produzione, distribuzione, accumulo e utilizzazione del calore nonché gli organi di regolazione e controllo, eventualmente combinato con impianti di ventilazione. Non sono considerati impianti termici i sistemi dedicati esclusivamente alla produzione di acqua calda sanitaria al servizio di singole unità immobiliari ad uso residenziale ed assimilate"*. In altre parole, è attualmente considerato "impianti termico" **qualsunque sistema fisso destinato alla climatizzazione, senza limiti di potenza (prima era superiore ai 5 kW)**, ovvero:

- **Impianti di riscaldamento dotati di generatori di calore alimentati a gas, gasolio, biomassa, energia elettrica o altro** (ad es. caldaie, condizionatori, pompe di calore);
- **Stufe, caminetti, apparecchi di riscaldamento localizzato ad energia radiante installati in modo fisso;**
- **Impianti di climatizzazione estiva;**
- **Impianti di esclusiva produzione di acqua calda sanitaria per una pluralità di utenze o comunque non destinati a servire singole unità immobiliari residenziali o assimilate;**
- **Impianti alimentati da teleriscaldamento e/o sistemi e apparecchi cogenerativi.**

Rimangono esclusi dalla definizione i sistemi dedicati all'esclusiva produzione di acqua calda sanitaria (ACS) al servizio di singole unità immobiliari ad uso residenziale ed assimilate.

Il **D.P.R. 74/2013** distingue chiaramente la **manutenzione ordinaria**, necessaria per il corretto funzionamento, del controllo dell'efficienza energetica, che verifica il rendimento dell'impianto.

Le operazioni di controllo ed eventuale manutenzione dell'impianto (di cui all'art. 7) devono essere eseguite da ditte abilitate ai sensi del D.M. 37/08 secondo le istruzioni tecniche e la periodicità fornite dall'installatore; in caso di assenza di queste si può fare riferimento ai manuali d'uso del fabbricante o alle norme tecniche UNI (es. UNI 10436, 10435, ..). Gli impianti termici devono essere muniti di libretto di impianto per la climatizzazione secondo gli appositi modelli aggiornati con Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico, che attualmente confluiscono nel sistema informativo del Catasto degli Impianti Termici,

per le regioni che lo hanno attivato.

Le operazioni di controllo dell'efficienza energetica (art. 8 e allegato A) andranno svolte con le modalità specificate nell'allegato e comprendono in sintesi:

- il controllo del sottosistema di generazione;
- la verifica della presenza e della funzionalità dei sistemi di regolazione della temperatura centrale e locale nei locali climatizzati;
- la verifica della presenza e della funzionalità dei sistemi di trattamento dell'acqua, dove previsti.

I controlli andranno svolti al primo avvio ed in occasione degli interventi di modifica e di manutenzione di cui all'articolo 7, garantendo in ogni caso le tempistiche minime previste dal decreto articolate in funzione della tipologia e dalla potenza dei sistemi (tabella 2). Al termine delle operazioni di controllo, l'operatore redige e sottoscrive uno specifico **Rapporto di controllo di efficienza energetica**, di cui una copia è rilasciata al responsabile dell'impianto e un'altra copia è trasmessa all'ente pubblico di controllo (Regione, Provincia autonoma, Area Metropolitana).

Sono previste ispezioni per gli impianti per i quali non sia pervenuto il relativo rapporto di controllo (art. 9).

La competenza degli accertamenti e le ispezioni è affidata a Regioni e Province Autonome, le quali eventualmente possono delegare altri organismi per l'esecuzione della attività tecnica ispettiva.

L'accertamento del rapporto di controllo inviato dal manutentore (o dal terzo responsabile) si considera sostitutivo dell'ispezione per gli impianti di climatizzazione invernale alimentati a gas di potenza compresa tra 10 e 100 kW, nel caso di impianti di climatizzazione estiva la potenza di riferimento è compresa tra 12 e 100 kW se.

Tipologia Impianto	Alimentazione	Potenza termica (kW)	Cadenza controlli di efficienza energetica (anni)
Impianti con generatore di calore a fiamma	Generatori alimentati a combustibile liquida o solido	10<P<100	2
		P>=100	1
	Generatori alimentati a gas, metano o GPL	10<P<100	4
		P>=100	2
Impianti con macchine frigorifere/pompe di calore	Macchine frigorifere e/o pompe di calore a compressione di vapore ad azionamento elettrico e Macchine frigorifere e/o pompe di calore ad assorbimento a fiamma diretta	12<P<100	4
		P>=100	2
	Pompe di calore a compressione di vapore azionate da motore endotermico	P>=12	4
	Pompe di calore ad assorbimento alimentate con energia termica	P>=12	2
Impianti alimentati da teleriscaldamento	Sottostazione di scambio termico da rete a utenza	P>10	4
Impianti cogenerativi	Microcogenerazione	Pel <50	4
	Unità cogenerative	Pel >=50	2

Tabella 2 – Schema dei controlli di efficienza previsti per legge

MISURA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E DEL MICROCLIMA INTERNO

La **qualità dell'aria interna (IAQ)** è uno dei fattori più critici che influenzano la qualità degli ambienti che viviamo. Esso influenza il benessere psicofisico, la salute e la produttività delle persone: gli inquinanti interni possono causare effetti negativi sulla salute, distinguibili in base alla durata e alla gravità dell'esposizione o in base alla loro natura ed origine (tabella 3).

Gli **Effetti a breve termine** (o anche detti sintomi acuti) si manifestano rapidamente dopo l'esposizione e tendono a scomparire una volta che la persona lascia l'ambiente inquinato. Sono quelli più spesso associati alla cosiddetta **Sindrome da Edificio Malato**

(Sick Building Syndrome), ed includono: irritazioni degli occhi, del naso e della gola; mal di testa, vertigini e nausea; affaticamento e difficoltà di concentrazione, secchezza della pelle e delle mucose.

L'esposizione prolungata a inquinanti interni può portare ad **Effetti a lungo termine (rischi cronici)** con gravi conseguenze per la salute, tra cui lo sviluppo o l'aggravamento di patologie respiratorie croniche, malattie cardiovascolari, reazioni allergiche e favoriscono lo sviluppo di malattie tumorali. Le particelle sottili (PM2.5), ad esempio, sono in grado di penetrare in profondità nei polmoni e di raggiungere il flusso sanguigno, aumentando il rischio di problemi cardiaci e respiratori. La formaldeide (HCHO) è stata classificata come un probabile cancerogeno per l'uomo dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC).

AGENTI INQUINANTI CHIMICI

Composti Organici Volatili (VOC):

una vasta gamma di sostanze chimiche emesse sotto forma di gas da solidi o liquidi. Fonti comuni includono vernici, adesivi, prodotti per la pulizia, arredi (in particolare quelli in truciolato) e stampanti. Possono causare irritazioni e, in alcuni casi, avere effetti cancerogeni. La misurazione dei VOC totali (TVOC) fornisce un'indicazione complessiva della presenza di questi inquinanti.

Formaldeide (HCHO): un VOC particolarmente problematico, emesso da resine e colle utilizzate in prodotti a base di legno e tessuti. È noto per le sue proprietà irritanti e per il potenziale cancerogeno.

Monossido di Carbonio (CO):

un gas inodore e incolore, prodotto dalla combustione incompleta di combustibili. È estremamente tossico in quanto si lega all'emoglobina del sangue, riducendo la capacità di trasporto dell'ossigeno. Le fonti interne includono stufe, scaldabagni e camini non adeguatamente ventilati.

Biossido di Carbonio (CO2):

prodotto dalla respirazione umana. Una sua alta concentrazione è un indicatore surrogato di una scarsa ventilazione e di un potenziale accumulo di altri inquinanti. Le soglie di accettabilità sono fissate per garantire un sufficiente ricambio d'aria.

AGENTI INQUINANTI PARTICELLARI

Particolato (PM10 e PM2.5):

microparticelle solide o liquide in sospensione nell'aria. Le fonti interne includono il fumo di tabacco, la cottura dei cibi e l'uso di candele. Le particelle con diametro inferiore a 2.5 µm (PM2.5) sono particolarmente pericolose perché possono raggiungere gli alveoli polmonari e il flusso sanguigno.

Amianto e Fibre minerali:

Questi materiali, se degradati, possono rilasciare fibre cancerogene nell'aria. Le fibre minerali artificiali, come lana di roccia e lana di vetro, sono utilizzate come isolanti, ma la loro pericolosità dipende dalla grandezza e morfologia delle fibre stesse.

AGENTI INQUINANTI BIOLOGICI

Muffe e Spore Fungine: si sviluppano in ambienti umidi e poco ventilati. Le muffe sono funghi pluricellulari che si riproducono attraverso le spore, ampiamente presenti nell'ambiente. La loro crescita è favorita da un'umidità relativa superiore al 60% e da temperature tra i 15 e i 30°C. L'esposizione alle spore può causare reazioni allergiche, asma, riniti e irritazioni delle mucose. Alcune specie come la muffa nera (*Stachybotrys chartarum*) producono micotossine che possono avere conseguenze gravi, specialmente per bambini e persone con sistema immunitario compromesso, arrivando a causare infiammazioni ai polmoni e, in rari casi, emorragie polmonari nei neonati.

Batteri, virus e allergeni: sono diffusi dalle persone o dagli animali domestici e si accumulano in ambienti con scarsa igiene e ventilazione. Le condotte aeree e le unità di trattamento dell'aria (UTA) mal mantenute, in particolare le vasche di raccolta della condensa, sono "hotspot" per la proliferazione batterica. Tra i patogeni più noti, la *Legionella pneumophila*, che causa una forma di polmonite molto grave, trova un ambiente di crescita ideale nell'acqua stagnante a temperature tra i 25 e i 42°C e viene diffusa nell'aria tramite aerosol. Altri batteri comuni includono *Pseudomonas*, *Staphylococcus* e *Streptococcus*, che si annidano nei filtri sporchi e possono causare infezioni respiratorie.

AGENTI INQUINANTI FISICI

Gas Radon: Gas radioattivo naturale che si infila dal sottosuolo attraverso le fondamenta e le fessure degli edifici. È un noto cancerogeno polmonare e il suo rischio si amplifica ulteriormente in caso di fumo di sigaretta. Il D.Lgs. 101/2020 ha stabilito nuovi limiti di concentrazione (200 Bq/m³) e il Piano Nazionale d'Azione per il Radon promuove misure di prevenzione attive (ventilazione forzata) e passive (isolamenti).

Radiazioni Non Ionizzanti e Rumore: Sebbene di difficile misurazione, queste fonti di inquinamento possono causare stress, affaticamento e disturbi del sonno, compromettendo il benessere generale. Esempi comuni di radiazioni non ionizzanti includono: le onde radio, le microonde, le radiazioni infrarosse, la luce visibile, le radiazioni ultraviolette (UV), laser, campi magnetici o elettrici.

Tabella 3 – Categorie principali di inquinanti indoor



CONTESTO NORMATIVO E MISURAZIONE DEL MICROCLIMA E QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA

Il principale riferimento della legislazione italiana è il **Decreto Legislativo 81/08** (Testo Unico in materia di salute e sicurezza) che **stabilisce i principi e gli obblighi per la tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro**. Il decreto impone esplicitamente (punto 1.9.1 dell'Allegato IV) ai datori di lavoro di garantire la salubrità degli ambienti di lavoro, includendo la qualità dell'aria interna e il corretto funzionamento dei sistemi di aerazione e condizionamento. Il decreto non riporta limiti specifici di esposizione agli inquinanti indoor o metodi precisi per la valutazione del discomfort percepito, ma impone che il Documento di Valutazione dei Rischi (DVR), analizzi compiutamente i rischi specifici e che siano adottate tutte le misure tecniche procedurali per limitare il rischio e monitorare la qualità dell'aria secondo le diverse tipologie di inquinanti individuate dalle norme tecniche (tabella 3).

Negli appalti pubblici i Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'edilizia, introdotti dal DM 23 giugno 2022 introducono l'obbligo di includere nel piano di manutenzione dell'opera un Programma di monitoraggio e controllo della qualità dell'aria interna. Questo programma deve specificare i parametri da misurare (ad esempio CO₂, TVOC, formaldeide), la frequenza delle misurazioni e i metodi da impiegare, rendendo la valutazione dell'IAQ una prassi standardizzata e un requisito di legge, per lo meno nell'ambito dell'edilizia pubblica. Secondo lo Standard ANSI/ASHRAE 62.1, la IAQ è considerata accettabile quando non contiene inquinanti in concentrazioni dannose (ovvero quando sono rispettati i limiti stabiliti dalle autorità competenti) e quando una larga maggioranza delle persone esposte (es: 80% o più) non esprime insoddisfazione verso di essa. In linea generale, quando le concentrazioni di queste sostanze sono tali da risultare dannose o pericolose, il datore di lavoro deve implementare azioni per limitare il rischio di esposizione a sostanze pericolose. Mentre, per concentrazioni che non risultano dannose o pericolose, andrà fatta una valutazione relativa all'entità del disturbo arrecato ai fruitori degli spazi.

L'evoluzione della normativa sta spostando il focus dalla semplice ventilazione alla valutazione olistica dell'ambiente indoor,

ovvero si basa sull'interdipendenza tra l'aria dell'ambiente e quella che circola negli impianti di ventilazione e condizionamento delineando un approccio integrato per la salute pubblica e la

prevenzione. Il quadro normativo italiano si sta progressivamente allineando agli standard europei, un passo importante è la recente norma **UNI 11976:2025**, pubblicata ad aprile 2025 dall'Ente Italiano di Normazione (UNI) intitolata "Ergonomia dell'ambiente fisico – Strumenti per la valutazione della qualità dell'aria interna". Lo standard fornisce un metodo ripetibile e riproducibile per la raccolta e la registrazione delle informazioni necessarie alla valutazione dell'IAQ negli edifici civili, residenziali, scolastici e terziari. Il suo obiettivo è fornire ai professionisti (progettisti, gestori, esperti) strumenti pratici e criteri chiari per valutare l'aria che si respira, identificando le fonti di contaminazione e le condizioni di ventilazione.

La norma identifica perciò le **principali categorie di inquinanti da monitorare** (vedi figura 3) e per facilitare l'applicazione, fornisce una dettagliata checklist che guida i professionisti nella registrazione di informazioni chiave, quali:

- Le fonti di contaminazione e le caratteristiche costruttive dell'edificio.
- Le condizioni di ventilazione dell'ambiente.
- I parametri ambientali significativi (come temperatura, umidità, pressione acustica, ...).
- Il corretto stato degli impianti HVAC, inclusa l'assenza di muffe e ristagni d'acqua, la pulizia di condotte e bocchette di mandata, e la manutenzione dei filtri.

Vale la pena di sottolineare che la natura degli edifici moderni, basati su involucri con una alta tenuta all'aria e sull'utilizzo di sistemi di ventilazione meccanica e trattamento dell'aria, amplifica la relazione tra la IAQ e la componente tecnologico impiantistica. **Un impianto HVAC, se non correttamente mantenuto, non è solo una fonte di contaminazione, ma un vero e proprio sistema di diffusione di agenti patogeni.** I batteri e le muffe che proliferano al suo interno vengono aerosolizzati e distribuiti in tutto l'ambiente, trasformando l'impianto da strumento di benessere a veicolo di rischio. Questa interazione sottolinea l'importanza di un approccio integrato che non si limiti ad interventi saltuari, ma che si basi su un monitoraggio e una manutenzione proattiva e costante.

L'adozione di **sensori e sistemi di monitoraggio** continuo sta rendendo la valutazione dell'IAQ un processo proattivo, superando il limite delle misurazioni occasionali. Questi sistemi, integrati con la domotica e i sistemi HVAC intelligenti, possono regolare automaticamente la ventilazione in base ai dati raccolti, garantendo un'aria salubre in modo efficiente e personalizzato.

MISURA DEL BENESSERE MICROCLIMATICO

La valutazione del microclima è finalizzata a garantire il comfort termico degli occupanti e a prevenire i rischi associati a condizioni estreme di caldo o freddo. Il D.Lgs. 81/2008 obbliga il datore di lavoro alla valutazione dei rischi sul lavoro, comprese le condizioni di comfort termico, contenute nelle direttive di prevenzione del rischio ergonomico. Tuttavia, non fornisce indicazioni quantitative sui valori limite dei parametri microclimatici da rispettare, limitandosi a raccomandare una valutazione che consideri il tipo di attività svolta dal lavoratore.

La percezione del benessere termico è personale e multifattoriale, la valutazione del microclima

interno viene trattata diversamente per due tipologie di ambienti: ambienti moderati e ambienti severi, ulteriormente suddivisi in ambienti severi caldi e ambienti severi freddi.

Sono considerati **ambienti moderati** quei luoghi dove lo scambio termico tra persona e ambiente è limitato, e perciò il sistema edificio - impianto può ragionevolmente raggiungere condizioni prossime al comfort termico. Gli uffici, le aule scolastiche e ovviamente le residenze, (ad esempio) sono ambienti non soggetti al rischio di stress termico; tuttavia, un microclima non adeguato può provocare disagio e alterare la percezione di benessere psico-fisico inficiando le performance lavorative. Più precisamente, Secondo la normativa, gli ambienti moderati sono soggetti alle variabili dei parametri fisici oggettivi, compresi in un intervallo ristretto:



TEMPERATURA DELL'ARIA
TRA 10°C E 30°C



UMIDITÀ RELATIVA DELL'ARIA
TRA 30% E 70%



TEMPERATURA MEDIA RADIANTE
TRA 10°C E 40°C



VELOCITÀ DELL'ARIA
TRA 0 E 1 M/S

Ambienti in cui si svolgono attività industriali, i lavori all'aperto, ed esempio, possono essere considerati **ambienti severi** in quanto le condizioni microclimatiche possono essere particolarmente e in generale non è possibile agire sul contesto per ristabilite le condizioni di comfort. Così, mentre negli ambienti moderati si misura il grado di disagio dei lavoratori, negli ambienti severi l'analisi è finalizzata a prevenire situazioni di stress termico.

IL MICROCLIMA NEGLI AMBIENTI MODERATI

Per misurare il comfort negli ambienti moderabili si utilizza correntemente una metodologia che integra sei parametri fondamentali: quattro ambientali e

due personali che si base sul giudizio più probabile di darebbero la maggioranza delle persone in simili condizioni microclimatiche.

La **norma tecnica di riferimento è la UNI EN ISO 7730:2006** (Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale) che si basa sulla misurazione di alcuni parametri microclimatici ambientali e personali (tabella 4) ed il calcolo degli indicatori sintetici di comfort detti anche indici di Fanger.

Gli **indici di Fanger, PMV** (Predicted Mean Vote) e **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied), sono stati sviluppati dal professor P.O. Fanger (tra il 1970 e il 1998) per correlare le condizioni microclimatiche (temperatura, umidità, velocità dell'aria, ecc.) con

la percezione soggettiva del comfort da parte delle persone. Il PMV è un indice che predice il valore medio del voto che un grande gruppo di persone esprimerebbe su una scala di sensazione termica a 7 punti (da + 3 molto caldo a - 3 molto freddo) nelle specifiche condizioni di parametri ambientali e personali misurati nell'ambiente interno oggetto di studio. Il PPD è un indice che stima la percentuale di persone insoddisfatte da una specifica condizione microclimatica. Esso è matematicamente collegato

al PMV: man mano che il PMV si allontana dal valore 0, il PPD aumenta. Quando il PMV è 0 (condizione di comfort ideale), il PPD è al minimo, ma non è mai nullo in quanto si considera che, anche in condizioni perfette, una piccola percentuale di persone (circa il 5%) sarà comunque insoddisfatta a causa di differenze individuali. Un valore di PPD del 10% è generalmente considerato un limite accettabile per il comfort termico negli ambienti di lavoro e residenziali.



PARAMETRI MICROCLIMATICI PER LA VALUTAZIONE DEL BENESSERE TERMICO

PARAMETRI AMBIENTALI



- **Temperatura dell'aria** (T_a): la temperatura dell'aria circostante.
- **Umidità relativa** (UR): la quantità di vapore acqueo nell'aria.
- **Velocità dell'aria** (v_a): la rapidità del movimento dell'aria, che influisce sulla sensazione di correnti.
- **Temperatura radiante media** (T_{rm}): la temperatura media delle superfici circostanti

PARAMETRI PERSONALI



- **Metabolismo** (met): l'energia prodotta dal corpo in base all'attività svolta (ad es. seduto, in piedi, camminando).
- **Isolamento termico dell'abbigliamento** (clo): la resistenza termica offerta dai vestiti.

Tabella 4 - Parametri microclimatici per la valutazione del benessere termico (UNI EN ISO 7730:2006)

Gli indici di Fanger possono essere usati proficuamente anche in sede di progetto degli ambienti in modo da garantire che un impianto di climatizzazione non solo riscaldi o raffreddi l'ambiente, ma lo renda effettivamente confortevole per le persone che lo occupano. La normativa indica delle classi di comfort che corrispondono a specifici intervalli di PMV e PPD che dipendono dalla destinazione d'uso degli ambienti (uffici, residenza, scuole, ospedali, ..). Alcuni software di simulazione energetica e termica (come EnergyPlus o OpenStudio) sono in grado di calcolare come variano gli indici PMV e PPD al variare delle condizioni climatiche esterne ed interne, tenendo conto delle specifiche caratteristiche dell'involucro e degli impianti. Questo maggiore controllo dei parametri di progetto permette di:

- **Dimensionare meglio l'impianto:** Determinare la potenza necessaria per il sistema di riscaldamento (in inverno) e di raffreddamento (in estate) per mantenere gli indici all'interno del range di comfort.
- **Progettare nel dettaglio la distribuzione dell'aria:** Ottimizzare la posizione di bocchette e diffusori per evitare correnti d'aria eccessive che aumenterebbero il PPD.
- **Valutare l'impatto di altre scelte progettuali inerenti l'involucro edilizio:** Verificare come l'orientamento dell'edificio, le vetrate, l'isolamento termico o l'illuminazione influenzano il comfort termico e di conseguenza il PMV e il PPD.

La misura in loco dei valori di PMV e PPD è poi ampiamente utilizzata in sede di Verifica e Certificazione, post opera. Una volta realizzato l'impianto, è possibile effettuare misurazioni in loco per verificare che le condizioni microclimatiche soddisfino effettivamente gli obiettivi di comfort prefissati in fase di progetto, alcuni standard di progetto sostenibile richiedono questo tipo di valutazione sul costruito.



IL MICROCLIMA NEGLI AMBIENTI SEVERI CALDI E FREDDI

Gli ambienti severi (o vincolati) ovvero quei luoghi di lavoro in cui le condizioni microclimatiche sono particolarmente stressanti e dove il confort non può essere ragionevolmente raggiunto con i normali accorgimenti tecnologici, possono compromettere la salute dei lavoratori. Così, mentre negli ambienti moderati si misura il grado di disagio dei lavoratori, negli ambienti severi l'analisi è finalizzata a prevenire situazioni di stress termico acuto.

Le norme tecniche di riferimento negli ambienti severi caldi sono due:

- **UNI EN ISO 27243:1996 – Valutazione dello stress termico per l'uomo negli ambienti di lavoro.**
- **UNI EN ISO 7933:2005 – Determinazione analitica ed interpretazione dello stress termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile.**

Queste normative prevedono due metodologie per la valutazione dello stress termico:

- metodo rapido, costituito dall'**indice di WBGT** (temperatura a bulbo umido e del globo termometro), per valutare l'accettabilità delle condizioni che provocano un aumento della temperatura fino a 38 °C;
- calcolo dello stress calorico dettagliato, costituito dall'indice di riferimento PHS (Predicted Heat Strain) che tiene conto, nel bilancio termico, anche di un fattore molto importante come la sudorazione.

Le norme tecniche di riferimento per la valutazione e gestione del rischio negli ambienti severi freddi sono due:

- **UNI EN ISO 11079:2008 –** Determinazione e interpretazione dello stress termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale.
- **UNI EN ISO 13732-3:2009 –** Metodi per la valutazione della risposta dell'uomo al contatto con le superfici. Parte 3 – Superfici fredde.

In particolare, la norma UNI EN ISO 11079:2008 fornisce una metodologia per la valutazione dello stress termico in ambienti severi freddi, che prevede la misurazione di due fattori: raffreddamento complessivo e il raffreddamento locale. Il calcolo che deriva dalla combinazione di questi parametri microclimatici è definito IREQ (isolamento termico richiesto), ovvero l'indice di raffreddamento di tutto l'organismo. Il valore di questo indice determina la valutazione del microclima, definendolo accettabile o inaccettabile.

AZIONI PER MIGLIORARE LA QUALITÀ DELL'ARIA

Il miglioramento dell'IAQ non si basa su una singola soluzione, ma coinvolge una combinazione di strategie e buone pratiche, tra le quali:

- 1. Adeguata ventilazione:** La ventilazione è la misura più efficace per ridurre la concentrazione di inquinanti. Il ricambio d'aria può essere naturale (aprendo le finestre) o meccanico (con sistemi di ventilazione forzata). È importante ventilare regolarmente, soprattutto durante e dopo attività che generano inquinanti, come la pulizia, la cottura o il fumo (figura 1).
- 2. Controllo delle sorgenti inquinanti:** La misura più preventiva è ridurre l'emissione di inquinanti alla fonte. Ciò può essere realizzato scegliendo materiali da costruzione, vernici e arredi a bassa emissione di VOC e formaldeide (certificati, ad es., con l'etichetta "A+"). L'uso di prodotti per la pulizia ecologici e naturali e l'evitamento del

fumo di sigaretta negli ambienti chiusi sono altre pratiche fondamentali.

- 3. Utilizzo di dispositivi di purificazione:** In alcuni casi, l'uso di purificatori d'aria può essere utile per rimuovere inquinanti particolati e gassosi. I filtri HEPA sono efficaci contro le particelle, mentre i filtri a carboni attivi possono assorbire alcuni VOC e odori.
- 4. Controllo dell'umidità:** Mantenere l'umidità relativa tra il 40% e il 60% è cruciale per prevenire la proliferazione di muffe, batteri e acari della polvere.
- 5. Manutenzione regolare:** Una corretta manutenzione degli impianti di ventilazione, inclusa la pulizia o la sostituzione regolare dei filtri, è essenziale per garantire la loro efficacia nel tempo.
- 6. Pulizia profonda periodica dell'impianto:** La pulizia degli impianti di climatizzazione è una pratica preventiva che ha un impatto significativo sulla qualità dell'aria all'interno degli spazi, dovrebbe essere eseguita ogni 5-7 anni.

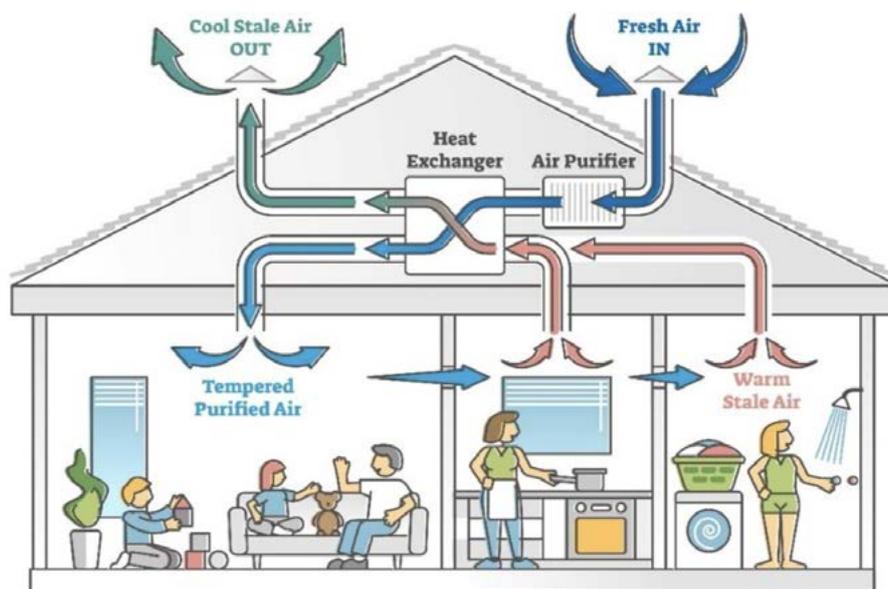


Figura 1 - Schema di un sistema di ventilazione
Fonte immagine: www.eurovent-certification.com

2.

RIDUZIONE DELL'UMIDITÀ E

PREVENZIONE DELLA MUFFA

L'umidità e la proliferazione di muffe negli ambienti confinati rappresentano una sfida complessa e multifattoriale, con ripercussioni significative sulla salute degli occupanti, sull'integrità strutturale degli edifici e sull'efficienza energetica. La comparsa della muffa è un segnale di un equilibrio alterato tra produzione di vapore acqueo legato alle attività umane, l'isolamento termico dell'edificio e la ventilazione. Naturalmente l'insorgenza di segni di muffa può essere direttamente legata alla presenza di acqua da infiltrazione meteorica o dagli impianti tecnici. Il problema, spesso sottovalutato, si manifesta non solo con evidenti danni estetici come macchie e degrado superficiale, ma è anche il sintomo di una condizione igienica e strutturale compromessa.

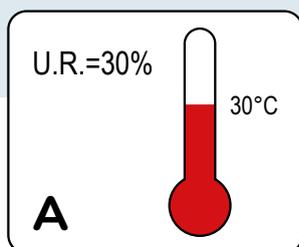
La relazione tra efficienza energetica e salubrità è stretta e complessa. Il moderno concetto di sistema edificio impianto, che privilegia l'isolamento e la tenuta all'aria per ridurre i consumi, ha eliminato la ventilazione naturale "incontrollata" che un tempo diluiva l'umidità e gli inquinanti interni anche patogeni. Se non viene introdotto un sistema di ventilazione meccanica, il vapore acqueo prodotto dalle attività quotidiane si accumula, portando a problemi di condensa e muffa proprio dove l'isolamento è più vulnerabile. Questo dimostra come un intervento mirato all'efficienza energetica, se non accompagnato da una soluzione per la qualità dell'aria e l'umidità, possa paradossalmente creare un problema di salubrità.

LE CONDIZIONI FISICHE CHE FAVORISCONO LE MUFFE

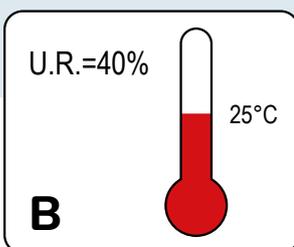
Le muffe comprendono una gran quantità di specie di funghi pluricellulari, sono organismi opportunisti che richiedono determinate condizioni per prosperare. Le spore delle muffe sono presenti praticamente ovunque, perciò, il controllo della quantità di vapore acqueo nell'aria è il principale fattore limitante per la loro crescita. In particolare, la muffa più diffusa nelle abitazioni si sviluppa in ambienti con un'Umidità Relativa (UR) superiore al 60%-70% e temperature comprese tra 15°C e 30°C, con una crescita ottimale tra 20°C e 25°C. Mantenere un'umidità relativa inferiore al 50% è una raccomandazione fondamentale del Ministero della Salute per prevenire la formazione di muffa. Altri fattori, legati alla natura chimica del materiale su cui si depositano le spore, possono accelerare o limitare la proliferazione.

L'umidità relativa (UR) è un valore percentuale che esprime la quantità di vapore acqueo nell'aria rispetto al massimo possibile a una data temperatura. Quando raggiunge valori prossimi al 80- 100% vuol dire che l'aria non può più contenere vapore acqueo in sospensione e perciò si creano delle goccioline nelle superfici più fredde presenti nell'ambiente ove si sia raggiunta la "temperatura di rugiada". La quantità di acqua che può essere però trattenuta nell'aria, e di conseguenza la "temperatura di rugiada" variano in funzione della temperatura dell'aria stessa: con l'aumento della temperatura aumenta anche la capacità dell'aria di contenere vapore acqueo in sospensione. In altre parole, se ipotizziamo una quantità costante di vapore acqueo (per es. 8g come nella figura 2) in un kg di aria secca, la UR% varia in funzione della temperatura e di conseguenza la temperatura di rugiada.

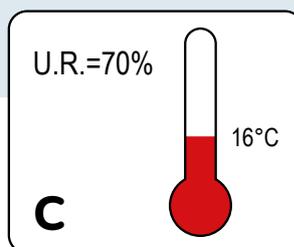
1 kg di aria secca contenente
8 g di vapore acqueo



1 kg di aria secca contenente
8 g di vapore acqueo



1 kg di aria secca contenente
8 g di vapore acqueo



1 kg di aria secca contenente
8 g di vapore acqueo

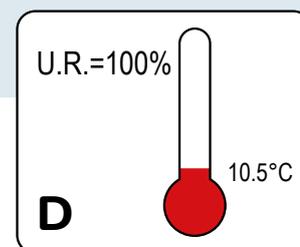


Figura 2 – variazione di UR con la temperatura dell'aria

PSYCHROMETRIC CHART
 DIAGRAMME PSYCHROMETRIQUE
 PSYCHROMETRISCHES DIAGRAMM
 DIAGRAMMA PSICROMETRICO
 ($P_m = 1,013 \text{ bar}$)

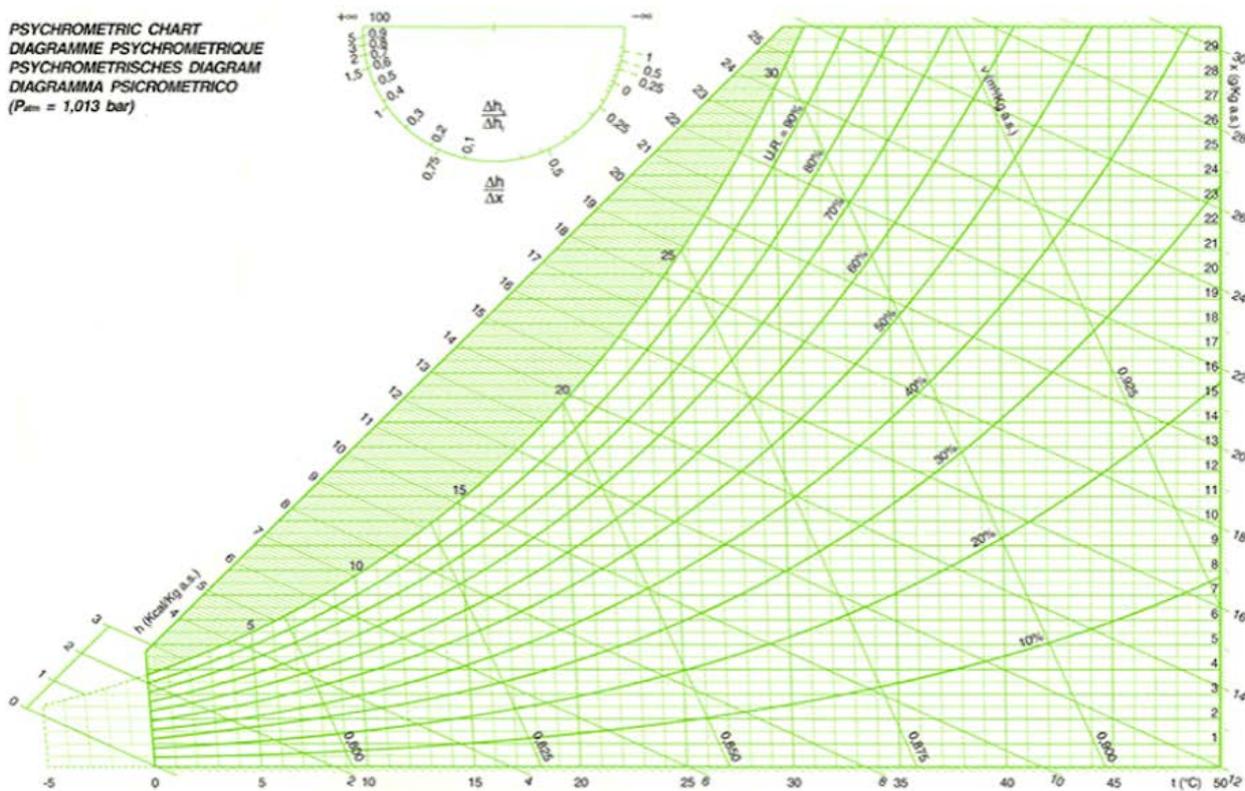


Figura 3 – esempio di grafico psicrometrico

Il **diagramma psicrometrico** (figura 3) è uno strumento fondamentale in fase di progetto per analizzare e gestire questi parametri: il grafico visualizza le relazioni tra la temperatura a bulbo secco, l'umidità relativa e il punto di rugiada, permettendo di comprendere come un cambiamento in una variabile influenzi le altre. Su tale diagramma abbiamo la possibilità di individuare tutte le grandezze termoigrometriche dell'aria da trattare: Temperatura a bulbo secco, Umidità specifica (X [g/Kg]), Umidità relativa (UR [%]), Temperatura a bulbo umido, Temperatura di rugiada, Entalpia e Volume specifico. Temperatura a bulbo secco T_{bs} ($^{\circ}\text{C}$) è la temperatura misurata da un comune termometro a bulbo. La misura di tale temperatura è assolutamente indipendente dall'umidità relativa (U.R.) dell'aria; sul diagramma psicrometrico la scala delle temperature a bulbo secco è indicata sull'asse orizzontale.

Umidità specifica X (g/Kg) indica quanti grammi di vapore acqueo sono presenti in ogni kg di aria secca; sul diagramma psicrometrico è indicata sull'asse verticale posto sul lato destro.

- Temperatura a bulbo umido T_{bu} ($^{\circ}\text{C}$) Supponiamo di misurare la temperatura dell'aria umida ambiente facendo uso di un comune termometro il cui bulbo viene tenuto avvolto in una garza imbevuta d'acqua (bulbo umido).
- Umidità relativa U.R. [%], espressa in percentuale, misura il grado di saturazione dell'aria di vapore acqueo.

- La temperatura di rugiada è la temperatura alla quale l'aria raggiunge le condizioni di saturazione (U.R.=100%)

I professionisti utilizzano il diagramma e le quantità in esso rappresentate per pianificare interventi come la ventilazione o il riscaldamento, spostando lo "stato" dell'aria verso una zona del diagramma che sia al di sotto del punto di rugiada delle superfici, prevenendo così la condensa e, di conseguenza, la crescita della muffa.

Senza entrare maggiormente nei dettagli tecnici sull'uso del diagramma, si riporta un esempio di temperature di rugiada per alcune condizioni di Temperatura dell'Aria tipiche degli ambienti interni al variare della UR (tabella 5). Osservando la tabella (tabella 5), è evidente che per evitare la condensa sia necessario che le temperature delle superfici interne dell'involucro edilizio siano maggiori di quella di rugiada, cosa che spesso non accade in presenza di ponti termici. Ad esempio, con una T . interna di 21 gradi, simile a quella di un locale riscaldato in inverno e con una UR di 65-70% che è facilmente raggiungibile in stanze chiuse con presenza di persone, basta una temperatura superficiale di 14°C per generare condensa. Tale temperatura è facilmente registrabile nei pressi dei telai delle finestre non isolate o nei ponti termici strutturali, anche in climi non particolarmente rigidi, rendendo fondamentale

il ricambio dell'aria interna. L'aumentare delle UR poi innalza notevolmente il punto di rugiada, fino a renderlo prossimo alla t. ambiente rendendo molto difficile evitare il fenomeno, nei luoghi particolarmente umidi come i bagni le cucine o le camere con alto affollamento.

Mantenere l'UR tra il 40% e il 60% è perciò cruciale per prevenire la formazione di condensa che si verifica quando l'aria umida entra in contatto con superfici fredde. Parallelamente è necessario "correggere" i ponti termici in modo che la loro temperatura superficiale non sia troppo dissimile a quella dell'aria interna.

Sono correntemente in uso alcune norme tecniche e linee guida per la prevenzione e la valutazione del rischio Muffa: la UNI EN ISO 13788 è il principale riferimento tecnico per la valutazione del rischio di condensa interstiziale e muffa negli edifici, tramite un calcolo stazionario; mentre nei casi più complessi si può ricorrere alla UNI EN 15026 che effettua un calcolo dinamico che considera anche il comportamento dei materiali nel tempo, includendo l'assorbimento e il rilascio di umidità (igroscopia) e i flussi di umidità per capillarità.

Temp. amb. (°C)	Il punto di rugiada dell'aria in °C in funzione dell'umidità relativa										
	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
21 °C	8,60	10,22	11,59	12,92	14,21	15,36	16,40	17,44	18,41	19,27	20,19
22 °C	9,54	11,16	12,52	13,89	15,19	16,27	17,41	18,42	19,39	20,28	21,22
23 °C	10,44	12,02	13,47	14,87	16,04	17,29	18,37	19,37	20,37	21,34	22,23
24 °C	11,34	12,93	14,44	15,73	17,06	18,21	19,22	20,33	21,37	22,32	23,18
25 °C	12,20	13,83	15,37	16,69	17,99	19,11	20,24	21,35	22,27	23,30	24,22

Tabella 5 – temperature di rugiada al variare della Temp. Ambiente e della UR

La verifica della condensa interstiziale è obbligatoria in caso di interventi sull'involucro edilizio e per le nuove costruzioni; essa è basata sul **Metodo di Glaser** contenuto nella UNI EN ISO 13788, che effettua un'analisi in regime stazionario delle temperature medie mensili esterne. Si ha condensa interstiziale quando il vapore acqueo condensa all'interno di una struttura, come una parete, danneggiando i materiali isolanti e strutturali. Il vapore acqueo migra dall'ambiente interno (ad alta pressione di vapore) verso l'ambiente esterno (a bassa pressione). Se la pressione del vapore reale in un punto all'interno della parete supera la pressione di saturazione a quella temperatura, si ha condensa. La verifica è superata se non si ha condensa o se la quantità di condensa rievapora completamente entro un ciclo annuale.





TIPOLOGIE DI UMIDITÀ NEGLI EDIFICI

In linea generale, per risolvere il problema è necessario identificare e correggere le cause che lo generano, tuttavia, spesso il fenomeno è legato a diverse concause che non sempre sono facilmente riconoscibili ad una semplice osservazione esterna. Semplificando, le principali tipologie di umidità negli edifici possono essere classificate in base alla loro causa in:

- Umidità da condensa superficiale
- Umidità da risalita capillare
- Umidità da infiltrazione
- Umidità di Costruzione

L'UMIDITÀ DA CONDENZA

L'umidità da condensa si verifica quando l'aria entra in contatto con una superficie la cui temperatura è inferiore al "punto di rugiada", il che provoca la condensazione del vapore acqueo contenuto. Questo fenomeno è particolarmente evidente sulle superfici più fredde come: vetri, giunti dei serramenti, pareti perimetrali esposte a nord, ponti termici non corretti. Anche l'insufficiente ventilazione che provoca un ristagno dell'area fredda facilita la formazione dell'umidità di condensa, tipicamente dietro i mobili o le tende.

La presenza di condensa (ovvero umidità) nelle superfici delle pareti per un tempo sufficientemente lungo (circa 48 ore, ma dipende anche dalla temperatura) diventa terreno fertile per le spore delle muffe che possono attivarsi e poi diffondersi anche rapidamente. Il fenomeno, allo stadio iniziale, si manifesta tramite la formazione di piccole macchioline generalmente di forma circolare di colore verde più o meno intenso, che si distribuiscono uniformemente sulla parete fredda o nel ponte termico (travi di cordolo, stipiti delle finestre, angoli e spigoli della stanza ...) oppure dietro gli armadi. Se non si interviene entro pochi giorni aumentando la ventilazione e/o con prodotti appositi, il fenomeno può peggiorare dando luogo ad una densificazione della

efflorescenza ed all'espansione delle aree interessate. Perciò le azioni di contrasto al fenomeno di più semplice attuazione sono: limitare un'eccessiva produzione di vapore proveniente dalle attività umane (docce, cucina, panni stesi) e tenere sotto controllo l'umidità relativa interna tramite il ricambio dell'aria ed eventualmente con dei semplici termo-igrometri per il monitoraggio. Nei casi più gravi diventa necessario intervenire sui ponti termici e/o installare sistemi di Ventilazione Meccanica Controllata (VMC) o di deumidificazione capaci di controllare l'umidità dell'aria in maniera autonoma.

L'UMIDITÀ DA RISALITA CAPILLARE

L'umidità da risalita capillare, nota anche come umidità ascendente, è un fenomeno fisico per cui l'acqua presente nel sottosuolo risale lungo i muri attraverso i capillari dei materiali porosi trasportando verso l'esterno i sali minerali presenti nelle murature. Quando l'acqua evapora sulla superficie del muro, i sali cristallizzano e aumentano di volume esercitando una pressione che causa il distacco di intonaci e pitture, con la formazione di tipiche efflorescenze saline bianche e talvolta di muffe. Il fenomeno è più evidente in edifici storici o in costruzioni prive di un'adeguata impermeabilizzazione orizzontale o verticale, che si trovino a contatto diretto col suolo. Si manifesta nelle parti basse della muratura tipicamente a max 60-80 dal pavimento, ma nei casi più gravi può risalire anche oltre il metro e cinquanta.

Il fenomeno dipende da diversi fattori sui quali non è facile intervenire: dalla quantità di acqua presente nel suolo, dalla porosità e dalla composizione chimica della muratura, dalle finiture superficiali delle pareti e dalla ventilazione interna.

La contromisura più efficace sarebbe cercare di limitare l'apporto di acqua alla muratura tramite opere di impermeabilizzazione delle fondazioni ed il drenaggio dell'acqua del suolo, ma non sempre è possibile intervenire nelle fondazioni profonde evitando il contatto tra esse e la falda. Una altra tipologia di contromisura cerca di interrompere la continuità dei capillari della struttura inserendo strati impermeabili al suo interno (iniezioni di resine o silicioni, o taglio delle murature) per bloccare la risalita dell'umidità nelle parti più basse, ma si tratta di tecnologie invasive e non sempre efficaci.

L'umidità della muratura è in equilibrio dinamico con l'umidità nell'aria, attraverso gli strati di finitura superficiale: materiali con bassa permeabilità al vapore non permettono la fuoriuscita dell'umidità contribuendo a far risalire l'umidità ascendente nella struttura ed aggravando il degrado per la forte concentrazione di acqua interna, al contrario i materiali ad alta permeabilità facilitano la traspirazione preservando dalla risalita eccessiva del fenomeno e limitando il degrado conseguente. Una regolare ventilazione interna può limitare il

degrado generato dal fenomeno, ma l'efficacia di deumidificatori elettrici in questi casi è dubbia: può persino accelerare il processo di degrado in quanto potrebbe aumentare la velocità di risalita, in quanto l'aria secca interna richiama con un effetto pompa l'umidità del suolo.

La risalita capillare può essere il fenomeno scatenante e/o concomitante dell'umidità di condensa, in quanto aumenta la UR dell'aria interna e le superfici umide sono caratterizzate da minore temperatura superficiale.

L'UMIDITÀ DA INFILTRAZIONE

L'umidità da infiltrazione è causata dall'ingresso diretto di acqua dall'esterno, le fonti possono essere svariate: una rottura di una tubazione, la fuoriuscita di acqua da terrazzi, guaine impermeabilizzanti difettose o un'imperfetta rete di deflusso pluviale. A differenza della risalita capillare o dell'umidità di condensa, le macchie di umidità da infiltrazione tendono ad essere circoscritte e localizzate in corrispondenza del punto di ingresso dell'acqua. La presenza di acqua nella muratura non risolta con tempestività può attivare facilmente la proliferazione della muffa che in questo caso si presenta con marcature piuttosto



intense e localizzate, inoltre l'umidità da infiltrazione contribuisce ad aumentare la UR dell'aria esponendo l'ambiente alla umidità di condensa. La risoluzione del problema è evidentemente l'eliminazione della infiltrazione, ma non sempre è facile individuare la causa e spesso la realizzazione dei lavori necessari può essere onerosa, esponendo l'ambiente alla umidità per tempi prolungati, con tutte le conseguenze del caso sulle strutture e sulla salubrità.

L'UMIDITÀ DI COSTRUZIONE

L'umidità di costruzione, infine, è l'acqua residua presente nei materiali di un edificio nuovo o appena ristrutturato. In questi casi, è fondamentale concedere il giusto tempo affinché le murature si asciughino naturalmente, ma se il fenomeno persiste, è necessario intervenire per evitare problemi a lungo termine.

LE STRATEGIE DI INTERVENTO

Una volta che la muffa si è manifestata, la semplice pulizia superficiale non è sufficiente. È necessario un intervento professionale che elimini la causa e sanifichi l'ambiente. La strategia più efficace è naturalmente agire sulle cause alla radice, non sui sintomi. Questo richiede interventi strutturali mirati che modifichino l'involucro edilizio e le sue interazioni con l'ambiente circostante. Anche in un edificio strutturalmente sano, l'attività umana (respirazione, cottura, docce) e i materiali possono produrre umidità e inquinanti, perciò la gestione attiva del microclima interno è quindi un elemento cruciale della prevenzione.

Per eliminare subito i segni del problema con una spesa limitata, molte persone ricorrono a rimedi fai-da-te come l'uso di candeggina o di altri disinfettanti chimici per pulire le superfici che presentano i segni di muffa. Questo approccio, per quanto di indubbia praticità, è solo temporaneo e può essere pericoloso. La candeggina non elimina il fungo in profondità, lasciandolo in uno stato di quiescenza temporanea, e può lasciare residui chimici tossici che, a lungo andare, diventano a loro volta nutrimento per la muffa. Inoltre, l'azione meccanica di pulizia può contribuire a diffondere ulteriormente le spore nell'ambiente. Respirare questi prodotti chimici che si accumulano per gli interventi di pulizia ripetuti, può essere dannoso per la salute, specialmente in ambienti chiusi e poco ventilati.

La bonifica professionale, invece, prevede la rimozione delle spore tramite opportune tecniche di pulizia e l'uso di prodotti biocidi specifici per eliminare la muffa in modo duraturo.

PROCEDURA PROFESSIONALE DI BONIFICA

Un intervento professionale si articola in diverse fasi, tutte fondamentali per un risultato duraturo 70:

1. DIAGNOSI:

Identificare e risolvere la fonte di umidità che ha causato la muffa. Senza questo passaggio, qualsiasi altro intervento è destinato a fallire.

2. BONIFICA SICURA:

Rimuovere fisicamente la muffa e le spore, utilizzando dispositivi di protezione individuale (DPI) e confinando l'area per evitare la contaminazione di altri ambienti.

3. ASCIUGATURA:

Assicurarsi che l'area sia completamente asciutta prima di procedere con il ripristino delle superfici.

4. TRATTAMENTO PREVENTIVO:

Applicare prodotti professionali, come spray e pitture antimuffa, per igienizzare e creare una barriera protettiva sulle pareti.

Accanto ai metodi tradizionali, le tecnologie innovative offrono nuove possibilità per la sanificazione degli ambienti, tra i quali:

- **Ozono:** Un generatore di ozono produce un gas con un forte potere ossidante che aggredisce e disgrega la membrana cellulare di microrganismi come batteri, funghi e muffe, inattivandoli. L'ozono è anche un potente deodorante e, agendo in forma gassosa, riesce a penetrare in ogni angolo, ma richiede che gli ambienti siano evacuati durante il trattamento.
- **Raggi UV-C:** La luce ultravioletta di tipo C (UV-C) a una lunghezza d'onda di 254 nm distrugge il DNA/RNA dei microrganismi con un'efficacia fino al 99.99%. È una tecnologia ecologica, priva di prodotti chimici, e a basso costo di manutenzione, ma non è efficace contro gli inquinanti chimici e deve essere utilizzata in modo appropriato, in quanto l'esposizione diretta può essere pericolosa.
- **Foto-Ossidazione Catalitica (PCO):** Questa tecnologia professionale utilizza un catalizzatore (spesso biossido di titanio) e luce UV per produrre ossidanti in grado di sanificare attivamente aria e superfici, eliminando inquinanti e agenti patogeni. Tuttavia, è fondamentale affidarsi a sistemi certificati, poiché imitazioni a basso costo possono causare la decomposizione incompleta dei VOC e la produzione di formaldeide, un noto cancerogeno.

INTERVENTI STRUTTURALI

L'installazione di un **cappotto termico esterno** è la soluzione più efficace e duratura per correggere i ponti termici. Questo sistema applica pannelli isolanti sulle pareti esterne, creando un involucro continuo che elimina i ponti termici, riduce drasticamente le dispersioni di calore e protegge la muratura dalle

escursioni termiche. Il sistema è però molto costoso e non sempre è possibile installarlo negli edifici storici e nei condomini dove richiede che la maggioranza sia favorevole alla spesa.

Si può anche optare per il **cappotto termico interno**, che è meno costoso, più rapido da installare e spesso risulta essere l'unica soluzione percorribile. Tuttavia, presenta degli svantaggi tecnici significativi: riduce la metratura interna, non elimina i ponti termici tra i diversi piani e può causare condensa interstiziale, intrappolando l'umidità all'interno del muro. Per gestire l'umidità di risalita capillare, le soluzioni si concentrano sull'interruzione del flusso d'acqua dal terreno. I metodi tradizionali includono l'applicazione di barriere fisiche o chimiche che sono molto costose ed invasive. Tuttavia, esistono tecnologie più avanzate e meno invasive. La deumidificazione elettrofisica è una di queste. Si tratta di apparecchi di piccole dimensioni, che generano un campo elettromagnetico a multifrequenza all'interno delle murature che interagisce con le molecole d'acqua, invertendo la polarità e impedendo la risalita. Questa tecnologia non è invasiva, non richiede interventi murari e, una volta installata, garantisce una deumidificazione permanente senza necessità di manutenzione e può essere una soluzione definitiva al problema.



CONTROLLO DEL MICROCLIMA

La ventilazione naturale, ottenuta aprendo finestre e porte, è il metodo più semplice per il ricambio d'aria.

Sfrutta fenomeni fisici come l'effetto camino (l'aria calda sale) o la ventilazione trasversale (differenza di pressione tra facciate opposte). Tuttavia, in contesti urbani, in edifici moderni con elevato isolamento o in condizioni climatiche estreme, la ventilazione naturale è spesso insufficiente o svantaggiosa, causando dispersioni di calore e l'ingresso di inquinanti o rumori dall'esterno. Inoltre, la ventilazione naturale richiede che vi sia un operatore che gestisca con continuità l'apertura e la chiusura degli infissi.

La Ventilazione Meccanica Controllata (VMC) è una soluzione impiantistica che offre un ricambio d'aria costante e controllato, indipendentemente dalle condizioni esterne.

I sistemi a doppio flusso con recupero di calore rappresentano la tecnologia più avanzata. Essi immettono aria fresca dall'esterno dopo averla filtrata ed espellono l'aria viziata interna, recuperando fino al 90% del calore contenuto in essa tramite uno

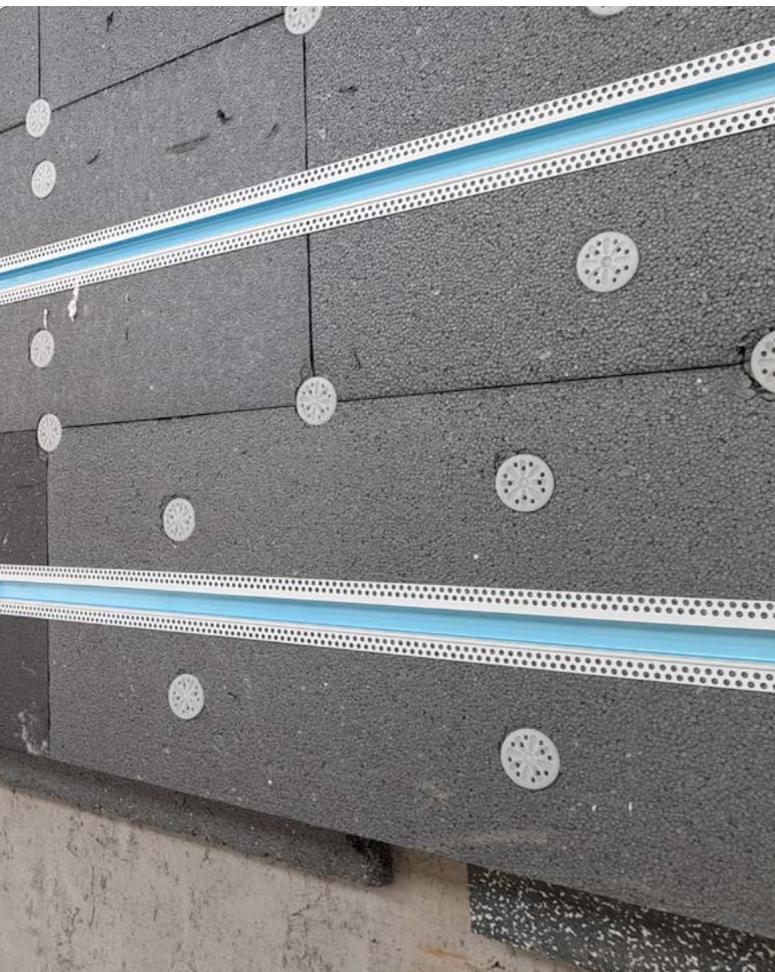
scambiatore di calore. Questo processo non solo elimina inquinanti e umidità in eccesso, ma riduce anche i consumi energetici per il riscaldamento e il raffrescamento, contribuendo al benessere e alla sostenibilità dell'edificio.

I sistemi VMC si dividono in due categorie principali:

- **VMC puntuale (o decentralizzata):** Consiste in unità autonome installate su singole pareti, ideali per ristrutturazioni leggere o per risolvere problemi in specifici ambienti. Non richiede complesse canalizzazioni e i costi di installazione sono contenuti (un sistema a doppio flusso può partire da circa 850 € installato).
- **VMC centralizzata:** Un sistema più strutturato, con un'unità centrale e una rete di condotte che servono l'intero edificio. È la soluzione ideale per nuove costruzioni o ristrutturazioni importanti, offrendo un controllo uniforme della qualità dell'aria e un'alta efficienza, pur richiedendo maggiori lavori murari e costi più elevati (circa 5000€ per una abitazione).

DEUMIDIFICATORI ELETTRICI

I **deumidificatori elettrici** sono utili per controllare l'umidità ambientale in specifici contesti, come in stanze scarsamente ventilate o durante l'asciugatura di murature a seguito di infiltrazioni. È fondamentale, tuttavia, non utilizzare questi apparecchi per combattere l'umidità di risalita capillare, poiché il loro funzionamento accelererebbe l'evaporazione dell'acqua dai muri, intensificando il trasporto di sali minerali e di conseguenza il degrado degli intonaci e delle finiture. Un **deumidificatore a sali** è un'alternativa meno costosa e rumorosa per piccoli spazi (come un armadio o un ripostiglio), ma con un'efficacia limitata rispetto a un modello elettrico.



3. FILTRAZIONE E RIDUZIONE DEGLI AGENTI INQUINANTI INDOOR

La qualità dell'aria interna (IAQ) emerge come una questione di fondamentale importanza strategica, influenzando direttamente la salute, la produttività e la gestione economica degli edifici. **L'inquinamento indoor è un fenomeno complesso, originato da una sinergia di agenti chimici, biologici e fisici.** Il fenomeno non si limita alla semplice accumulazione di polvere, ma coinvolge un intricato ecosistema di contaminanti invisibili, la gestione della qualità dell'aria all'interno degli impianti è perciò cruciale per prevenire la formazione di focolai ideali per la proliferazione di batteri patogeni.

Di conseguenza, un moderno approccio olistico al problema deve integrare tecnologie di filtrazione e purificazione avanzate, metodologie di bonifica professionali e una meticolosa aderenza alle normative vigenti. Le tendenze future del settore si muovono verso un modello di gestione intelligente e sostenibile.

La crescente integrazione di sensori, IoT e sistemi di monitoraggio predittivo consentirà di identificare i problemi prima che si manifestino, rendendo la manutenzione più mirata ed efficiente. Lo sviluppo di prodotti ecologici, come quelli a pH neutro o con formulazioni biodegradabili, si allinea perfettamente con gli obiettivi di sostenibilità europei, come il "Zero Pollution Plan". Infine, la ricerca e lo sviluppo di soluzioni ibride, che combinano diverse tecnologie (come la filtrazione HEPA e la sanificazione UV-C), offrono un percorso verso una protezione completa e olistica, affrontando l'intero spettro degli inquinanti indoor in modo sinergico.

LA FILTRAZIONE NEI SISTEMI AERULICI

Gli impianti aeraulici moderni sono progettati per fornire non solo comfort termico, ma anche per garantire un'aria pulita e salubre **tramite una combinazione di metodi passivi (filtrazione) e attivi (sanificazione), integrati in sistemi di ventilazione avanzati** capaci di monitorare

la qualità dell'aria ed agire proattivamente. I filtri dell'aria non agiscono come semplici setacci che bloccano le particelle che non riescono a passare nella loro maglia: la loro efficacia si basa su meccanismi fisici più complessi. Il primo è l'impatto inerziale, in cui le particelle più grandi, a causa della loro inerzia, non riescono a seguire la traiettoria del flusso d'aria e scontrandosi con le fibre del filtro, vi rimangono intrappolate. Il secondo è l'intercettazione, dove le particelle, seguendo il flusso d'aria, si avvicinano sufficientemente alle fibre da rimanervi aderenti. Infine, il meccanismo della diffusione browniana cattura le particelle più piccole, che si muovono in modo casuale a causa della collisione con le molecole di gas, aumentando la probabilità di contatto con le fibre del filtro

TIPOLOGIE DI FILTRI

I filtri per impianti aeraulici si suddividono in diverse categorie, ciascuna con specifiche caratteristiche e applicazioni (tabella 6).

I filtri meccanici tradizionali, come quelli a pannello, a celle o a tasche, sono progettati per la cattura di particelle di dimensioni più grandi. I filtri a celle possono essere parzialmente lavabili (fino a 10-15 cicli), mentre quelli a tasche offrono un'ampia superficie filtrante a costi ridotti.

I filtri assoluti HEPA (High Efficiency Particulate Air)



rappresentano lo standard di riferimento più elevato per la purificazione dell'aria. Per definizione, un filtro HEPA è in grado di trattenere almeno il 99,97%

delle particelle di diametro pari a 0,3 µm. Questo valore corrisponde al "Most Penetrating Particle Size" (MPPS), ovvero la dimensione più difficile da catturare; l'efficienza di questi filtri è, infatti, ancora maggiore per particelle più grandi o più piccole.

I filtri a carboni attivi sono specializzati nella rimozione di inquinanti gassosi, come odori e VOC, grazie a un processo di adsorbimento. Tuttavia, trattengono gli inquinanti senza distruggerli, si saturano rapidamente in ambienti con un'umidità superiore al 65% e non sono efficaci contro virus e batteri.

Infine, **i filtri elettrostatici** utilizzano un campo elettrico per caricare le particelle che passano attraverso il filtro, facendole aderire a piastre cariche di segno opposto. Questi filtri sono lavabili e hanno un basso consumo energetico.

La scelta del filtro non è solo un parametro tecnico, ma una decisione strategica che bilancia le esigenze di efficienza e sicurezza con i costi di realizzazione e soprattutto di manutenzione e pulizia degli stessi. Alcuni filtri possono essere facilmente lavati e rigenerati, anche se per un numero ben definito di volte, altri necessitano spesso di una sostituzione completa con maggiori oneri economici. Ad esempio, il costo annuale per la sostituzione dei filtri HEPA può arrivare a diverse centinaia di euro e superare quello della manodopera necessaria per la pulizia dei filtri elettrostatici o meccanici. Questa considerazione richiede un'analisi del costo totale di proprietà che va oltre il semplice prezzo di acquisto iniziale.

	EFFICACIA PRINCIPALE	VANTAGGI 	SVANTAGGI 
FILTRO MECCANICO (A TASCHE)	Particolato grossolano	Costo ridotto, elevata capacità di accumulo	Bassa efficienza su PM fini, non elimina VOC o agenti biologici
FILTRO HEPA	Particolato ultra-fine (99,97% a 0,3µm)	Efficacia altissima su PM, virus, batteri, pollini	Costo elevato di acquisto e sostituzione, può aumentare la caduta di pressione
FILTRO ELETTROSTATICO	Particolato, germi, batteri	Lavabile, riutilizzabile, basso consumo energetico	Richiede manutenzione manuale, può produrre ozono, minore efficacia su VOC
FILTRO A CARBONI ATTIVI	Composti Organici Volatili (VOC), odori	Altamente efficace su gas e odori	Non elimina agenti biologici, si satura rapidamente con l'umidità

Tabella 6 – tipologie di filtri



NORMATIVE E STANDARD DI RIFERIMENTO PER LA CLASSIFICAZIONE DEI FILTRI

Per oltre 20 anni, EN 779 ha rappresentato il metodo di classificazione dei filtri dell'aria applicato con maggiore frequenza. All'inizio del 2017 è entrata in vigore la **normativa ISO 16890** con cui sono cambiate completamente le modalità di omologazione

e classificazione dei filtri. La nuova classificazione si basa sull'efficienza del filtro contro il particolato fine (PM10, PM2.5 e PM1), allineando il processo di verifica alle condizioni reali e alle raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) sulla salute umana. **I filtri sono ora classificati in quattro gruppi (Coarse, ePM10, ePM2.5, ePM1), a seconda della loro capacità di catturare almeno il 50% di una specifica frazione di PM (tabella 7):**



PM1:

Particelle con diametro inferiore a 1 μm , le più piccole e pericolose, in grado di penetrare in profondità nei polmoni e passare nel sangue. La normativa ISO 16890 classifica i filtri che catturano almeno il 50% di queste particelle nel gruppo ISO ePM1.

PM2.5:

Particelle con diametro inferiore a 2,5 μm . I filtri che raggiungono un'efficienza di almeno il 50% sono classificati come ISO ePM2.5.

PM10:

Particelle con diametro inferiore a 10 μm . I filtri che catturano almeno il 50% di queste particelle sono classificati come ISO ePM10.

I filtri che catturano meno del 50% di PM10 sono classificati come ISO Coarse. A seconda dell'ambiente, si combinano filtri di diverse classi in una "treno filtrante" per ottimizzare l'efficienza e la durata del sistema. Ad esempio, in ambienti sensibili come sale operatorie o camere bianche, si utilizzano più stadi di filtrazione, partendo da filtri grossolani e arrivando a filtri ad alta efficienza

(HEPA e ULPA).

Un altro standard ampiamente riconosciuto è il MERV (Minimum Efficiency Reporting Value) dell'ASHRAE, che classifica l'efficienza di un filtro nella cattura di particelle tra 0,3 e 10 micron. L'ASHRAE raccomanda l'uso di filtri con un rating minimo di MERV 13 (equivalente ai filtri ePM1 dell'ISO 16890) per una protezione efficace contro gli aerosol infettivi, come quelli del SARS-CoV-2.

Classificazione	UNI EN 779:2012	MERV (ASHRAE 52.2)	ISO 16890:2017	Efficacia i cattura del particolato
Grossolana	G1-G4	1-4	ISO Coarse	< 50% di PM10
Media	M5-M6 (F5-F6)	9-12	ISO ePM10, ISO ePM2.5	\geq 50% di PM10, \geq 50% di PM2.5
Fine	F7-F9	13-16	ISO ePM1, ISO ePM2.5	\geq 50% di PM1, \geq 50% di PM2.5
Assoluta	Non prevista	HEPA	Filtri HEPA	\geq 99.97% di particelle da 0.3 μm

Tabella 7 – confronto tra diversi standard di classificazione dei filtri

TECNOLOGIE DI PURIFICAZIONE DELL'ARIA

Le tecnologie di purificazione attiva rappresentano un approccio alternativo o combinato alla filtrazione passiva.

Si tratta di un settore in rapida evoluzione che, pur offrendo soluzioni indubbiamente efficaci e promettenti, non è intrinsecamente priva di rischi. Questi rischi ed un certo ritardo delle normative sulle specifiche tecnologie e sui sottoprodotti può essere un fattore limitante. Di conseguenza, la scelta di una tecnologia di purificazione attiva richiede una valutazione esperta che consideri non solo l'efficacia dichiarata, ma anche i potenziali pericoli nascosti.

L'uso di sistemi ibridi che combinano diverse tecnologie, come filtri HEPA e UV-C, può mitigare questi limiti, affrontando sia gli agenti biologici che i contaminanti chimici e particolati per una protezione completa. Seguono le principali tecnologie disponibili, con una breve analisi dei rispettivi punti di forza e debolezza.

- **Purificazione con Ozono (O3):** I generatori di ozono producono un gas altamente reattivo con proprietà fungicide, battericide e virucide, agendo efficacemente anche sugli odori. L'ozono è un potente ossidante, ma a concentrazioni elevate può essere pericoloso per la salute umana e l'EPA sconsiglia i dispositivi che lo producono. La sua applicazione richiede che gli ambienti siano disabitati e che il gas venga riconvertito in ossigeno dopo il trattamento.
- **Sterilizzazione con Raggi ultravioletti (UV-C):** La luce ultravioletta a una lunghezza d'onda

di 254 nm è in grado di danneggiare il DNA e l'RNA di microrganismi come virus, batteri e spore, inattivandoli. Le lampade UV-C sono efficaci, economiche e non richiedono l'uso di prodotti chimici, ma la loro azione si limita al flusso d'aria che le attraversa, non agendo su inquinanti chimici o particolato. Alcuni dispositivi UV-C a bassa qualità possono produrre ozono, vanificando i benefici per la salute.

- **Foto-Ossidazione Catalitica (PCO):** Questa tecnologia utilizza una lampada UV-C e un catalizzatore a base di biossido di titanio (TiO₂) per generare radicali ossidrilici (OH) e perossido di idrogeno (H₂O₂). Questi agenti ossidanti vengono diffusi nell'ambiente, sanificando attivamente l'aria e le superfici. Esistono sistemi a basso costo che utilizzano catalizzatori diversi, come l'ossido di zinco, i quali possono causare una decomposizione incompleta dei VOC e la conseguente produzione di formaldeide, un noto cancerogeno.
- **Ionizzazione:** Questa tecnologia produce ioni negativi che si legano alle particelle inquinanti cariche positivamente, facendole precipitare a terra. Questo processo non elimina gli inquinanti dall'ambiente, ma li deposita sulle superfici, da cui dovranno essere rimossi con la pulizia. Alcuni studi suggeriscono che gli ioni negativi possano avere effetti benefici sul benessere fisiologico, come il miglioramento della termoregolazione e un aumento del livello di ossigeno nel sangue.



4. PRODOTTI CHIMICI E ATTREZZATURE INNOVATIVE PER LA PULIZIA DEGLI IMPIANTI

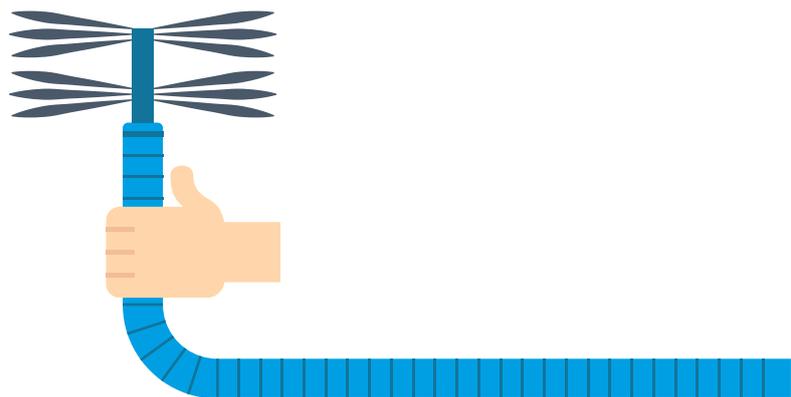
La manutenzione e la pulizia degli impianti rappresentano un'attività fondamentale che va oltre la semplice operatività, assumendo una rilevanza strategica per la salute, la sicurezza e l'efficienza energetica.

L'importanza di questa prassi è duplice: da un lato, garantisce un ambiente salubre e confortevole per gli occupanti, dall'altro, assicura il corretto funzionamento e la longevità degli impianti stessi.

Nel contesto degli impianti aeraulici, che includono canali di ventilazione e unità di trattamento dell'aria (UTA), una pulizia insufficiente porta a un accumulo di inquinanti biologici e particellari, tra cui polveri, batteri, virus, funghi e muffe. Questi contaminanti vengono poi dispersi nell'ambiente, compromettendo la qualità dell'aria interna (IAQ) e diventando una delle principali cause di problemi di salute come allergie, asma e, in casi estremi, patologie respiratorie più gravi (Sindrome dell'edificio Malato).

La bonifica e la sanificazione dei canali d'aria sono, quindi, essenziali per interrompere questo ciclo di contaminazione e garantire un flusso d'aria pulita e salubre. La pulizia professionale degli impianti aeraulici richiede l'uso di attrezzature specializzate e di prodotti chimici mirati, scelti in base alla tipologia di impianto e al tipo di contaminazione, segue un breve approfondimento.

La pulizia degli impianti termici, in particolare dei circuiti di riscaldamento, è cruciale per mantenere l'efficienza e prevenire guasti. Con il tempo, l'acqua che circola nei radiatori e nelle tubazioni deposita particelle di calcare, ruggine e fanghiglia. Questi residui si accumulano, ostacolando il flusso dell'acqua e riducendo drasticamente il rendimento termico dell'impianto. Questo comporta non solo un maggiore consumo di combustibile e costi di gestione più elevati, ma anche un rischio maggiore di guasti, specialmente per lo scambiatore di calore primario della caldaia, che può danneggiarsi irreparabilmente a causa dell'occlusione. La pulizia periodica, in questo senso, diventa un intervento preventivo che salvaguarda l'investimento nell'impianto e garantisce un riscaldamento efficiente e affidabile.



LA PULIZIA DEGLI IMPIANTI AERAULICI

La **pulizia ordinaria dei filtri** nei sistemi ad aria è la prima azione che può essere svolta per mantenere la salubrità degli ambienti, questa è in generale un'azione semplice che può essere svolta anche da personale non specializzato; tuttavia, **in caso di sistemi più complessi e per una pulizia approfondita è necessario interpellare una ditta specializzata.** In questo caso il processo coinvolge tutti i sottosistemi dell'impianto con lo scopo di garantire il massimo rendimento e la salubrità dell'ambiente, secondo i seguenti passaggi:

- 1. Ispezione iniziale:** il processo inizia con un'approfondita ispezione dell'intero impianto. Gli esperti valutano lo stato generale, identificando aree critiche che richiedono particolare attenzione durante la pulizia. Vengono utilizzate telecamere endoscopiche a circuito chiuso che registrano lo stato delle superfici e individuano i punti critici
- 2. Rimozione di accumuli di sporco:** gli accumuli di polvere, detriti e contaminanti sono rimossi da tutte le superfici interne ed esterne dell'unità di climatizzazione. Questo comprende la pulizia delle ventole, delle griglie e dei componenti interni, come i ventilatori e i condensatori.
- 3. Pulizia approfondita dei filtri:** i filtri vengono attentamente rimossi, puliti e, se necessario, sostituiti. Questo passaggio è fondamentale per garantire un flusso d'aria adeguato e per evitare che i filtri sporchi compromettano l'efficienza del sistema.
- 4. Igienizzazione dei condotti dell'aria:** i condotti dell'aria vengono sottoposti a un processo di igienizzazione per eliminare muffe, batteri e allergeni che potrebbero accumularsi nel tempo. Questa fase contribuisce significativamente a mantenere una qualità dell'aria interna ottimale. La bonifica dei canali d'aria è un processo in più fasi che deve essere eseguito da personale qualificato, con attrezzature progettate per garantire una pulizia approfondita senza danneggiare i condotti.

5. **Utilizzo di tecnologie avanzate:** le aziende specializzate nella pulizia dei condizionatori spesso impiegano tecnologie avanzate, come aspirapolveri industriali e sistemi di pulizia a vapore, per garantire risultati ottimali. Queste tecnologie consentono di rimuovere in modo efficace anche lo sporco più ostinato e di garantire una pulizia completa e approfondita di tutto l'impianto.
6. **Utilizzo di detergenti specifici:** durante la pulizia, vengono impiegati detergenti appositi e sicuri, ideati per eliminare in modo efficace lo sporco accumulato senza compromettere l'integrità dei componenti e senza provocare fenomeni irritativi dell'apparato di respirazione grazie all' utilizzo di appositi prodotti con presidio medico-chirurgico.
7. **Verifica delle guarnizioni e delle connessioni:** durante il processo di pulizia, gli esperti controllano attentamente lo stato delle guarnizioni e delle connessioni per individuare eventuali perdite d'aria, risolvendo tempestivamente tali problematiche per garantire l'efficienza energetica del sistema.
8. **Test di funzionamento:** dopo la pulizia completa, il sistema viene testato per assicurarsi che tutte le componenti funzionino correttamente. Questo passaggio è cruciale per garantire il ripristino completo delle prestazioni dell'impianto

impedendo che si disperdano nell'ambiente.

Attrezzature per la Sanificazione: Dopo la pulizia meccanica, si passa alla fase di disinfezione e sanificazione. Per questa fase si utilizzano atomizzatori o nebulizzatori che creano una nebbia finissima di prodotti chimici, permettendo al disinfettante di raggiungere tutte le superfici interne dei canali. In questa fase si utilizzano dei disinfettanti che dipendono dalla natura dei contaminanti e dall'ambiente.

- **Perossido di idrogeno:** Un agente ossidante versatile e potente, efficace contro virus, batteri e funghi. Viene spesso utilizzato in forma nebulizzata per la sanificazione dell'aria e delle superfici interne dei condotti.
- **Sali quaternari di Ammonio:** Disinfettanti ad ampio spettro, spesso usati in soluzione liquida per la pulizia delle superfici e come spray per la sanificazione finale.
- **Acido peracetico:** Un altro potente ossidante, efficace contro un'ampia gamma di microrganismi.
- **Ozono:** Un agente ossidante estremamente potente e rapido, utilizzato per sanificare l'aria e le superfici, anche in punti difficili da raggiungere. Tuttavia, richiede un uso controllato a causa della sua instabilità e tossicità.
- **Ioni d'argento:** Spesso combinati con il perossido di idrogeno per potenziarne l'effetto, prevengono la proliferazione di batteri e funghi.

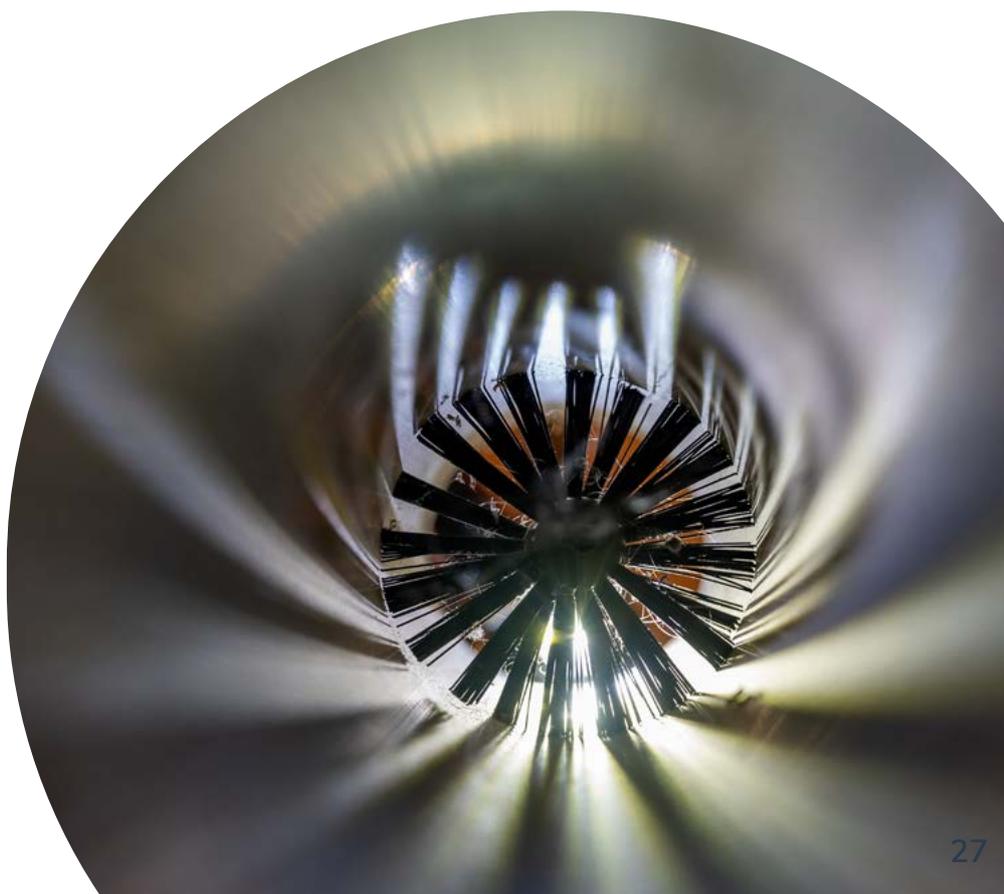
ATTREZZATURE E PRODOTTI CHIMICI

Il processo prevede prima la **pulizia meccanica** e poi la **sanificazione** delle superfici e dei sistemi.

I metodi più efficaci per la **Pulizia Meccanica** sono:

- **la soffiatura**
- **la spazzolatura**
- **l'uso di aria compressa.**

La **spazzolatura** è considerata il metodo più completo e si avvale di spazzole rotanti elettriche o pneumatiche, con diametri variabili per adattarsi ai diversi condotti, che staccano lo sporco dalle pareti. Contemporaneamente, un potente aspiratore con filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air) crea una depressione all'interno del condotto, catturando la polvere e i detriti sollevati,



LA PULIZIA E LAVAGGIO DEGLI IMPIANTI TERMICI

In generale, il **lavaggio dell'impianto** è sempre un vantaggio, esso è però obbligatorio in caso di sostituzione di generatori di calore o caldaie ma è generalmente consigliabile se si presentano sintomi di scarsa efficienza, rumorosità o problemi di distribuzione (tabella 8).

La pulizia dei circuiti di riscaldamento è un intervento specialistico che richiede attrezzature idrauliche specifiche e diverse sostanze chimiche: sia solventi per la rimozione delle impurità che sostanze protettive che ne ostacolano la formazione successiva. Il lavaggio impianto viene quindi eseguito inserendo nel circuito i prodotti chimici opportunamente scelti disciolti in

acqua e lasciandoli agire il tempo necessario alla rimozione delle impurità. Infine, l'acqua presente viene rimossa e viene sostituita con acqua nuova che serve a ripristinare le condizioni iniziali dell'impianto. Al fine di individuare il trattamento più idoneo da utilizzare nello specifico impianto, è spesso necessario eseguire una "analisi dell'acqua"; che verrà ripetuta a valle della pulizia per verificarne l'efficacia.

Si ricorda che i liquidi di scarico provenienti dalla pulizia degli impianti sono considerati "rifiuti speciali" che possono essere anche pericolosi ai sensi del Testo Unico Ambientale (D.Lgs. 152/2006). È responsabilità del professionista maneggiare questi materiali in sicurezza, perciò, per il corretto smaltimento dei rifiuti è necessario rivolgersi a ditte specializzate iscritte all'Albo Nazionale Gestori Ambientali.

Sintomo dell'impianto	Causa Probabile	Conseguenze
Termosifoni parzialmente freddi (soprattutto in basso)	Accumulo di fanghi di magnetite	Ridotta efficienza di riscaldamento, maggior consumo energetico
Caldaia rumorosa o che non parte/resta accesa	Incrostazioni di calcare o depositi di fango che bloccano il circolatore o lo scambiatore	Rischi di guasti, riduzione della vita utile della caldaia, consumi elevati
Scarsa portata d'acqua calda	Ostruzione delle tubature da calcare, ruggine o fanghi	Inefficienza nella produzione di acqua calda sanitaria
Acqua torbida nell'impianto	Particelle in sospensione come sabbia, limo, residui di lavorazione	Rischio di abrasione dei componenti, intasamenti
Inefficacia in alcuni locali	Scarso ricircolo d'acqua dovuto a intasamenti in zone specifiche dell'impianto	Distribuzione non uniforme del calore, minor comfort abitativo

Tabella 8- inconvenienti che suggeriscono di effettuare la pulizia dell'impianto

LE FASI DEL LAVAGGIO CHIMICO PROFESSIONALE

L'intervento professionale si articola tipicamente in diverse fasi:

- 1. Isolamento e preparazione:** Prima di tutto, il tecnico isola l'impianto di riscaldamento dalla rete di distribuzione dell'acqua e dalla caldaia. L'acqua esistente viene quindi scaricata completamente. Questo passaggio è cruciale per poter operare in un circuito chiuso e controllato.
- 2. Iniezione e circolazione del prodotto:** L'impianto viene riempito con acqua pulita e, tramite una pompa professionale, viene iniettato un prodotto chimico disincretante e/o sciogli-fanghi. La soluzione viene fatta circolare nel circuito per un periodo di tempo variabile, a seconda delle condizioni dell'impianto e del prodotto utilizzato.
- 3. Inversione di flusso:** Le pompe di lavaggio più avanzate sono dotate di un sistema a inversione di flusso, che permette di invertire la direzione della circolazione del fluido in modo da agire sui depositi e sulle ostruzioni da entrambi i lati. Questo aumenta l'efficacia del lavaggio, soprattutto in presenza di blocchi ostinati.
- 4. Risciacquo e neutralizzazione:** Una volta che i prodotti chimici hanno agito, l'acqua sporca contenente i residui viene scaricata. Se si sono utilizzati detersivi a base acida, è obbligatorio procedere con la neutralizzazione del liquido di scarico, portando il pH a un valore neutro prima di scaricarlo in fognatura, in conformità con le normative ambientali.
- 5. Protezione finale:** L'ultima fase, spesso trascurata, è quella di protezione. L'impianto viene riempito con acqua nuova e viene inserito un additivo protettivo (inibitore di corrosione e anticorrosante) per prevenire la formazione di nuovi depositi e prolungare i benefici del lavaggio nel tempo.

ATTREZZATURE E TECNOLOGIE PER IL LAVAGGIO

L'efficacia e la sostenibilità del lavaggio professionale dipendono in gran parte dalle tecnologie utilizzate e dalla sinergia con il trattamento chimico effettuato (tabella 9). La pompa con inversione di flusso massimizza l'azione del prodotto chimico, il defangatore magnetico protegge l'impianto dopo la pulizia chimica e i sistemi di dosaggio automatico garantiscono che i prodotti chimici di protezione siano applicati con la precisione richiesta dalle loro formulazioni.

- **Pompe di lavaggio:** Le pompe disincrostanti professionali sono diverse dalle comuni elettropompe. Sono progettate specificamente per il lavaggio di impianti, con caratteristiche come serbatoi ampi (50-55 litri), alte portate (fino a 50 L/min), resistenti ai prodotti chimici e, soprattutto, dotate di sistemi per l'inversione di flusso. L'inversione di flusso è un aspetto cruciale perché permette di eliminare anche i detriti più ostici che non verrebbero rimossi con una circolazione a senso unico.
- **Filtri defangatori magnetici:** L'installazione di un filtro defangatore rappresenta un passaggio da una strategia curativa a una preventiva. Questi dispositivi, che sono obbligatori in molti casi secondo la norma UNI 8065:2019, vengono installati sul circuito di ritorno della caldaia. Funzionano sfruttando due principi: un potente magnete cattura le particelle metalliche ferrose

(magnetite), mentre il rallentamento del flusso all'interno del serbatoio favorisce la decantazione degli altri detriti. L'installazione di questo filtro a monte della caldaia protegge lo scambiatore di calore, un componente costoso e delicato, dalla maggior parte delle impurità in circolo, prolungando la vita dell'intero impianto.



- **Tecnologie di pulizia emergenti:** Nel settore industriale, la pulizia ad ultrasuoni sta emergendo come un metodo di grande efficacia per la manutenzione di scambiatori di calore e altri componenti. Questa tecnologia utilizza onde sonore ad alta frequenza per generare un fenomeno di cavitazione in un fluido detergente. Le microbolle che si formano e implodono creano un'energia meccanica in grado di rimuovere depositi, calcare e sporizia in modo profondo e uniforme, senza la necessità di smontare completamente l'apparecchiatura o di utilizzare sostanze chimiche aggressive. Questo approccio è più rapido e meno invasivo rispetto ai metodi tradizionali, garantendo al contempo un notevole risparmio idrico e una minore impronta ambientale.

	Principio d'Azione	Vantaggi Principali	Svantaggi e Rischi	Applicazione Tipica
→ LAVAGGIO CHIMICO	Utilizzo di prodotti chimici disincrostanti e risananti che circolano nell'impianto	Efficace su un'ampia gamma di contaminanti (calcare, ruggine, fanghi), agisce in modo rapido e profondo	Richiede neutralizzazione per prodotti acidi, rischio per l'operatore se non gestito correttamente, necessita di smaltimento del rifiuto	Impianti termici (vecchi e nuovi), scambiatori di calore
→ LAVAGGIO MECCANICO/ IDRODINAMICO	Rimozione dei depositi tramite getti d'acqua ad alta pressione	Non usa agenti chimici aggressivi, efficace per ostruzioni ostiche e pulizie di emergenza	Può richiedere lo smontaggio di parti, non agisce su depositi chimici, consumo d'acqua elevato	Impianti di scarico, grandi tubature industriali
→ PULIZIA AD ULTRASUONI	Onde sonore ad alta frequenza che creano cavitazione nel liquido detergente	Pulisce in modo uniforme e profondo senza danneggiare le superfici, riduce l'uso di prodotti chimici e i tempi di pulizia	Costo elevato dell'attrezzatura, non applicabile a tutti gli impianti, rischio per componenti elettronici	Scambiatori di calore, componenti delicati, settore petrolifero e alimentare

Tabella 9 – Tipologie di lavaggi

CATEGORIE DI PRODOTTI PER IL LAVAGGIO E LA PROTEZIONE

Il mercato offre una vasta gamma di prodotti chimici specificamente formulati per il lavaggio e la protezione degli impianti termici, che si distinguono per composizione, meccanismo d'azione e impatto ambientale (tabella 9).

- **Pulitori (cleaners) e disincrostanti:** questi prodotti sono il cuore dell'operazione di lavaggio. Esistono formulazioni a base acida che sono molto efficaci contro calcare e ruggine ma richiedono cautela e l'obbligo di neutralizzazione con un prodotto alcalino dopo l'uso. In alternativa, le nuove formulazioni a pH neutro offrono un approccio più sicuro. Questi prodotti, pur essendo formulati con acidi come l'acido citrico, sono neutralizzati in loco per creare una specie di citrato neutro, che agisce con un potente effetto
- **chelante sui detriti di corrosione.** Ciò permette di rimuovere efficacemente lo sporco senza la necessità di un'ulteriore neutralizzazione, riducendo i tempi e i rischi dell'intervento.
- **Risananti sciogli-fanghi:** si tratta di prodotti specificamente progettati per gli impianti termici e refrigeranti. La loro funzione è quella di mantenere in sospensione il calcare, la ruggine e i fanghi per facilitarne la rimozione. Spesso contengono un efficace biocida che previene la proliferazione di alghe e batteri, un problema particolarmente rilevante negli impianti a bassa temperatura.
- **Protettivi (inibitori) e biocidi:** l'utilizzo di additivi protettivi è una fase essenziale successiva al lavaggio. Questi prodotti formano una pellicola protettiva sulle superfici interne dei tubi, prevenendo la corrosione, disperdendo i depositi incoerenti e controllando le crescite biologiche. Il loro impiego garantisce che i benefici del lavaggio durino nel tempo, prolungando la vita dell'impianto.

TIPO DI PRODOTTO	FUNZIONE PRINCIPALE	NOTE
Pulitore/Disincrostante Acido	Rimuove incrostazioni di calcare e ruggine	Richiede neutralizzazione obbligatoria prima dello scarico; può essere aggressivo per i materiali
Pulitore/Disincrostante pH Neutro	Rimuove fanghi e detriti di corrosione	Non necessita di neutralizzazione, considerato più sicuro per operatore e ambiente
Risanante Sciogli-fanghi	Mantiene in sospensione calcare, fanghi e depositi	Spesso include un biocida per prevenire la formazione di alghe
Protettivo (Inibitore)	Previene corrosione, incrostazioni e depositi	Prodotto da lasciare in impianto dopo il lavaggio
Neutralizzante	Neutralizza l'acidità residua post-lavaggio	Obbligatorio solo dopo l'uso di prodotti acidi

Tabella 9 – tipologie di prodotti chimici per la pulizia e la protezione



5. PREVENZIONE DELLA CORROSIONE E DEI DEPOSITI NEGLI IMPIANTI

La **corrosione e la formazione di depositi negli impianti termici** sono fenomeni dannosi che possono compromettere gravemente l'efficienza, la durata e la sicurezza. Sebbene la corrosione sia un processo naturale e inevitabile, la sua velocità può essere controllata e rallentata. La prevenzione è un'azione strategica che va oltre la semplice manutenzione correttiva, portando a benefici significativi in termini di risparmio energetico, minori costi di manutenzione e maggiore affidabilità del sistema. **Un impianto sporco può comportare un aumento dei consumi energetici fino al 15%** a causa del ridotto scambio termico e dell'ostacolo alla circolazione dell'acqua. La corrosione, inoltre, può causare danni strutturali, perdite, rumorosità e, in casi estremi, il blocco o la perforazione dei componenti più delicati come la caldaia o gli scambiatori di calore. In alcuni casi, la corrosione, specialmente se localizzata, può favorire la proliferazione di batteri anaerobici che vivono in assenza di ossigeno e contribuiscono alla corrosione sotto deposito.

La **corrosione** è una reazione chimica tra un materiale metallico e l'ambiente circostante, che causa la degradazione del materiale stesso. Negli impianti idronici, questo processo è prevalentemente di tipo "a umido" e porta alla formazione di ruggine (ossido di ferro) e altri composti. Un impianto idronico non trattato è, perciò, un ambiente dinamico dove reazioni chimico-fisiche e processi biologici si evolvono costantemente, portando alla formazione di diverse tipologie di impurità:

- **Incrostazioni calcaree:** Il calcare si forma a partire dai sali di calcio e magnesio presenti nell'acqua di riempimento. Questi composti, che definiscono la durezza dell'acqua, precipitano e si depositano sulle superfici interne dei tubi e, in particolare,

sugli scambiatori di calore, dove le temperature superano i 60°C. Questo fenomeno crea una barriera isolante che riduce drasticamente lo scambio termico, costringendo la caldaia a lavorare di più per raggiungere la temperatura desiderata, con un conseguente aumento dei consumi energetici.

- **Fanghi e corrosioni:** L'ossigeno disciolto nell'acqua e un pH non bilanciato sono i principali catalizzatori dei fenomeni di corrosione. Questi processi chimici producono ossidi metallici, tra cui la magnetite, una fanghiglia grigio-scura che è la forma più comune di fango negli impianti.¹ Se non rimossa, la magnetite può indurirsi e trasformarsi in incrostazioni tenaci che ostruiscono il flusso. La presenza di elevati quantitativi di ferro è un chiaro sintomo di corrosione in atto.
- **Crescite biologiche (Biofilm, Alghe e Batteri):** Negli impianti a bassa temperatura, come quelli a pannelli radianti, le condizioni ambientali (temperatura moderata e acqua stagnante) favoriscono la proliferazione di microrganismi come alghe e batteri. Questi formano un "biofilm" che, aderendo alle pareti interne delle tubazioni, può ostruire parzialmente o totalmente i circuiti, riducendo il flusso e innescando ulteriori fenomeni di corrosione.

Gli impianti di riscaldamento, essendo circuiti chiusi, sono particolarmente suscettibili alla corrosione.

Il deterioramento dell'acqua, che rimane nell'impianto per anni, è la principale causa della formazione di detriti. La prevenzione in questi sistemi si basa su diverse azioni da effettuare per la pulizia e la protezione di un impianto esistente, altre da mettere pratica in sede di progetto ed installazione di nuovi sistemi. Gli aspetti chiave riguardano quindi in primo luogo il progetto del sistema con la scelta dei materiali e dei sistemi di protezione, il trattamento dell'acqua tecnica che è anche regolato da una normativa cogente e la pulizia di cui abbiamo già ampiamente trattato.



PROGETTO DEL SISTEMA E SCELTA DEI MATERIALI

La vulnerabilità del sistema a questi fenomeni dipende anche dalla **tipologia di materiali** presenti nell'impianto e dalla **temperatura di utilizzo dell'acqua**: i tubi in materiale metallico sono più vulnerabili alla corrosione, alle incrostazioni ed alla formazione di fanghi soprattutto se sottoposti ad alte temperature. La bassa temperatura può preservare

il sistema dalla corrosione e dalle incrostazioni ma lo espone al fenomeno della crescita biologica soprattutto se in presenza di tubazioni di plastica. La compatibilità tra i diversi metalli (ad es. rame e acciaio) nel circuito è cruciale per evitare la corrosione galvanica. La tabella 10, mostra una valutazione qualitativa della incidenza dei diversi fenomeni in funzione della tipologia dei materiali che costituiscono l'impianto.

Principali fenomeni	rame	alluminio	ferro	acciaio inox	plastica
Incrostazioni	media	molto alta	alta	alta	bassa
Corrosioni	media	alta	molto alta	alta	bassa
Fanghi	alta	molto alta	molto alta	alta	bassa
Depositi	alta	alta	alta	alta	bassa
Crescite biologiche	bassa	alta	alta	alta	molto alta

Tabella 10 - valutazione qualitativa della incidenza dei diversi fenomeni in funzione della tipologia dei materiali

FE

I materiali ferrosi sono facilmente soggetti a corrosione generalizzata,

che genera magnetite la quale, depositandosi, alimenta a sua volta il fenomeno della corrosione da sottodeposito. Il perdurare del fenomeno, in presenza di ossigeno, trasforma la magnetite in ematite capace di generare corrosione puntiforme molto aggressiva. Il fenomeno si manifesta con la tipica fanghiglia grigio-scura che si trova spesso negli impianti di riscaldamento e nei termosifoni in ferro e ghisa. La magnetite è un ossido di ferro con importanti proprietà magnetiche. Per questo motivo, può essere rimossa tramite dispositivi defangatori dotati di magneti.

CU

Il rame è un metallo che presenta una buona resistenza alla corrosione:

in presenza di ossigeno si crea sulle superfici uno strato protettivo di ossido che impedisce al fenomeno di progredire. In presenza di depositi la corrosione può comunque intaccare le superfici disciogliendo piccole quantità di ioni che possono generare la corrosione di altri metalli presenti nell'impianto come l'alluminio o l'acciaio.

AL

L'alluminio, utilizzato nei radiatori più recenti, crea uno strato protettivo dalla corrosione

che può essere mantenuto finché il pH dell'acqua è compreso tra 7 ed 8,5. Il film protettivo può perciò essere danneggiato dall'alterazione del PH, ma anche dalla presenza di alte concentrazioni di cloruri o di rame nel circuito, il quale può generare una corrosione bimetallica particolarmente aggressiva. In questo caso è necessario prestare attenzione nell'uso di acqua addolcita o demineralizzata (privata dei sali), in quanto i sali disciolti fungono da stabilizzatori del PH.

FE + C

L'acciaio inossidabile è in genere resistente alla corrosione, ma in presenza di ione cloruro possono manifestarsi corrosioni localizzate anche aggressive. Per assicurarne l'assenza, sono consigliati trattamenti di demineralizzazione per l'acqua di riempimento, tuttavia, nel caso siano presenti elementi in alluminio, si dovranno immettere dopo sostanze in grado di stabilizzare il PH o prevedere sistemi di monitoraggio dell'alcalinità. Sono comunque in commercio alcune leghe di acciaio più resistenti alla corrosione dei cloruri che presentano un maggior tenore di molibdeno.

NORMATIVA DI TRATTAMENTO ACQUE IMPIANTI TERMICI

Vista l'importanza della tematica in termini di efficienza e corretto funzionamento dell'impianto, la **normativa tecnica definisce le tipologie di trattamenti a cui sottoporre l'acqua degli impianti termici per la climatizzazione e la produzione di ACS**. Infatti, il decreto Requisiti Minimi (DM 26 giugno

2015), dedicato alle prestazioni energetiche degli edifici, richiama esplicitamente la norma tecnica UNI CTI 8065 quale riferimento per il "Trattamento acqua impianti di riscaldamento e acqua calda sanitaria (allegato.1 - capitolo 2.3 - punto 5 5) che acquisisce quindi valore di legge. La UNI CTI 8065 del 1989, attualmente revisionata con la versione del 2019, è perciò la norma di riferimento per il trattamento dell'acqua negli impianti termici ad uso civile ed ha lo scopo di identificare:

- i limiti dei parametri chimico-fisico-biologiche delle acque negli impianti;
- le indicazioni per una corretta progettazione e installazione dei sistemi di trattamento dell'acqua;
- le indicazioni per il lavaggio e la messa in servizio degli impianti di nuova realizzazione o modificati;
- le indicazioni per il risanamento di impianti esistenti (problemi di incrostazione, corrosione o crescite biologiche);
- le indicazioni per i metodi di controllo e per una corretta gestione dei sistemi di trattamento dell'acqua;
- le indicazioni per la corretta messa in servizio, gestione e manutenzione dell'impianto;
- le descrizioni dei sistemi di trattamento dell'acqua, le modalità di controllo e le relative frequenze.

In particolare, sono definiti i casi in cui è previsto l'obbligo di trattamento dell'acqua e le caratteristiche fisico chimiche dell'acqua di impianto e di quella per i raddoppi per diverse tipologie di impianti:

1. impianti di riscaldamento che utilizzano acqua come fluido termovettore,
2. impianti per la produzione di Acqua Calda Sanitaria,
3. Circuiti con acqua surriscaldata (ossia a temperatura maggiore di quella di ebollizione alla pressione atmosferica);
4. Caldaie a vapore a bassa pressione.

L'onere di adempiere a queste prescrizioni resta in capo al gestore dell'impianto che avrà l'obbligo di mantenere nel tempo i limiti e le caratteristiche delle acque previsti dalla norma, effettuando i controlli necessari ed attuando gli interventi conseguenti. Il D.P.R.°74/2013 prevede (art 8) che in occasione dei controlli di efficienza energetica previsti per impianti di riscaldamento (con pot. termica al focolare > 10 kW) e sistemi di climatizzazione (con pot. termica >12 kW) venga effettuato anche un controllo di presenza e funzionalità dei sistemi di trattamento acque dove previsti.

Già il D.P.R. 412/93 imponeva il trattamento delle acque d'impianto secondo norma Uni 8065 (art 5) per gli impianti termici di nuova installazione con potenza complessiva superiore o uguale a 350 Kw. Il successivo D.P.R. 59/09 ha imposto l'obbligatorietà del trattamento d'acqua di impianto anche per potenze inferiori ai 350 kW, nei seguenti casi: nuova costruzione, ristrutturazione di impianti in edifici esistenti e sostituzione di generatori di calore. Lo schema degli obblighi è differente e per gli impianti di sola climatizzazione o per quelli che producono anche ACS ed è articolato sulla base della potenza termica complessiva del sistema e sulla durezza dell'acqua di alimentazione (tabella 11). Per le caratteristiche tecniche dei trattamenti si fa riferimento alla UNI CTI 8065 vigente.



Trattamento dell'acqua di impianto

dal 1 agosto 1994	obbligatorio per nuovo impianto, ristrutturazione o sostituzione di generatore con pot. termica nominale ≥ 350 kW	
dal 11 giugno 2009	obbligatorio per nuovo impianto, ristrutturazione o sostituzione di generatore con pot. termica nominale < 350 kW col seguente schema	
Impianto riscaldamento ambienti con potenza termica al focolare nominale complessiva: fino a 100 kW	Durezza temporanea inferiore a 25 °F	nessun trattamento
	Durezza temporanea uguale o superiore a 25 °F	Condizionamento chimico
Impianto riscaldamento con potenza termica al focolare nominale complessiva: oltre i 100 kW ed inferiore a 350 kW	Durezza temporanea inferiore a 25 °F	nessun trattamento
	Durezza temporanea uguale o superiore a 25 °F	addolcimento
Impianto per riscaldamento ambienti e produzione di ACS o sola ACS Centralizzata, con potenza termica al focolare nominale: fino a 100 kW	Durezza temporanea inferiore a 15 °F	nessun trattamento
	Durezza temporanea uguale o superiore a 15 °F	Condizionamento chimico
Impianto per riscaldamento ambienti e produzione di ACS o sola ACS Centralizzata, con potenza termica al focolare nominale: oltre 100 kW ed inferiore a 350 kW	Durezza temporanea inferiore a 15 °F	nessun trattamento
	Durezza temporanea uguale o superiore a 15 °F	addolcimento
Impianto per riscaldamento ambienti con o senza produzione di ACS o sola ACS Centralizzata, con potenza termica al focolare nominale: uguale o superiore a 350 kW	Durezza temporanea inferiore a 15 °F	Filtrazione (suggerita) Condizionamento chimico
	Durezza temporanea uguale o superiore a 15 °F	Filtrazione Condizionamento chimico addolcimento

Tabella 11 – schema degli adempimenti obbligatori per il trattamento delle acque



TRATTAMENTO DELL'ACQUA E MONITORAGGIO

La qualità delle acque tecniche deve essere conforme ad alcuni parametri fisici e tenuta sotto controllo tramite opportuni sistemi di trattamento che, secondo

la disciplina tecnica più comune, si dividono in due tipologie (tabella 12): i trattamenti fisici e chimico-fisici (anche chiamati "esterni") e i condizionamenti chimici (anche chiamati "interni").

PARAMETRI DA CONTROLLARE NELL'ACQUA TECNICA

- Aspetto e presenza di residui grossolani
- Temperatura, per evitare il congelamento o l'evaporazione non voluta
- PH (tra 7 ed 8,5) ed alcalinità
- Durezza temporanea, ossia tenore di sali di calcio e magnesio disciolti
- Solidi totali disciolti
- Presenza di metalli disciolti, ferro, manganese, rame, alluminio
- Presenza di alcune sostanze chimiche, quali: ioni cloruro, solfato e nitrato, ammoniaca e ione ammonio
- Le formazioni microbiologiche

PRINCIPALI TRATTAMENTI ESTERNI

Fisici

- Filtrazione
- Defangazione
- Disaerazione e degassazione

Chimico fisici

- Addolcimento
- Demineralizzazione

PRINCIPALI TRATTAMENTI INTERNI

- Correzione del pH e dell'alcalinità
- Stabilizzazione della durezza
- Dispersione di depositi incoerenti, inorganici e organici
- Deossigenazione e passivazione
- Formazione di film protettivi
- Controllo delle crescite biologiche
- Azione disinfettante
- Protezione antigelo
- Ossidazione e flocculazione

Tabella 12- Parametri da controllare e principali trattamenti per gli impianti termici.

La **filtrazione** è un trattamento fisico esterno finalizzato alla rimozione di sostanze in sospensione (impurità) facendo scorrere l'acqua attraverso elementi filtranti generalmente installati nel circuito di ritorno dell'acqua di impianto a protezione della caldaia, che possono essere costituiti da: materiale granulare poroso inerte contenuto in recipienti

chiusi o da membrane filtranti con maglie di varia dimensione da piccola o piccolissima. Ciclicamente questi i filtri devono essere rigenerati con lavaggio in controcorrente per eliminare le sostanze trattenute o tramite la sostituzione delle cartucce di materiale poroso ormai colmo di impurità.

La **tipologia di filtri più usati** negli impianti di riscaldamento a circuito chiuso per le impurità più grossolane sono i **filtri a Y**, i filtri a calza o cartuccia. Quando invece sono presenti impurità finemente disciolte come magnetite, limo o alghe, la filtrazione a maglia può non essere più sufficiente e si ricorre ai filtri chiarificatori a letto misto che utilizzano materiali porosi e resine.

Il **defangatore**, invece, separa le impurità dall'acqua sfruttando il loro diverso peso specifico ed una modificazione del flusso. Nei filtri a gravità il sistema produce un rallentamento del flusso tramite un brusco allargamento della sezione che permette la deposizione del materiale più pesante sul fondo di un raccoglitore; il filtro può essere accoppiato ad un sistema magnetico adatto a trattenere i residui ferrosi (magnetite). I filtri a ciclonici forzano il fluido ad un movimento rotatorio a spirale che spinge nelle pareti le impurità permettendone la separazione. Si tratta di sistemi più efficaci della filtrazione a maglia o con materiali porosi, ma richiede diversi passaggi del fluido; perciò, negli impianti domestici le due tipologie di filtri sono spesso accoppiati in serie.

I **disaeratori** invece hanno lo scopo di eliminare l'aria presente nel circuito e quindi contribuire alla protezione dalla corrosione causata dall'ossigeno ed eliminare le fastidiose bolle d'aria negli impianti. Questo tipo di sistemi sono in grado di eliminare in modo continuo l'aria contenuta nei circuiti idraulici degli impianti di climatizzazione in maniera molto efficace tramite uno sfiato, vengono generalmente installati sulla tubazione di mandata appena dopo la caldaia, dove la temperatura del fluido è più alta. I trattamenti esterni chimico fisici più utilizzati sono l'addolcimento e la demineralizzazione che vengono applicati all'acqua in ingresso del sistema. Come già accennato l'addolcimento è il trattamento che provvede ad abbattere la durezza temporanea dell'acqua intervenendo sui sali di calcio e di magnesio disciolti nell'acqua, responsabili delle incrostazioni. Le tipologie di addolcitori più diffusi per gli impianti termici sono basate su processi di tipo chimico o di tipo magnetico. I primi sono costituiti da recipienti chiusi contenenti le resine scambiatrici che hanno la capacità di sostituire gli ioni che generano le incrostazioni (calcio o magnesio) con ioni più solubili in acqua (sodio). Questi letti di resina perdono progressivamente la capacità di scambio; perciò, periodicamente vanno lavati ed i sali utilizzati per lo scambio devono essere rabboccati. Il decalcificatore magnetico (detto anche condizionatore), utilizza un campo magnetico per saturare elettricamente gli ioni disciolti nell'acqua. In questo modo il calcare non può più depositarsi trasformandosi da calcite in aragonite che può essere facilmente trascinato via dall'acqua.

Un **impianto di demineralizzazione** è, in generale, costituito da una serie di bombole contenenti le resine anioniche e cationiche, attraverso le quali passa l'acqua da demineralizzare. L'acqua viene sottoposta ad osmosi inversa e fatta passare nel letto di resine capaci di rimuovere del tutto i sali presenti dall'acqua risultando demineralizzata o deionizzata, contribuendo, inoltre, a stabilizzare il PH e riducendo la conducibilità elettrica. Anche in questo caso le resine devono essere periodicamente rigenerate, gli impianti si possono differenziare per modo con cui viene effettuata la rigenerazione, oltre che, naturalmente, per dimensione tipologie di resine utilizzate. I sistemi più semplici prevedono operazioni manuali di rigenerazione ma sono in commercio prodotti dotati di sofisticati sistemi di automazione a controllo elettronico.

I trattamenti di filtrazione e addolcimento sono generalmente sufficienti a proteggere l'impianto dal fenomeno delle incrostazioni;

tuttavia, può rimanere il rischio di corrosione e di proliferazioni biologiche per i quali vengono adottati diversi tipi trattamenti chimici interni.

Lo schema generale di un impianto di condizionamento chimico prevede: un serbatoio, nel quale viene preparato il reagente, una pompa dosatrice elettrica che lo immette nel punto opportuno dell'impianto in funzione della quantità d'acqua che fluisce e dei sistemi per il controllo dei parametri fisico chimici dell'acqua. La norma UNI 8065 identifica le varie tipologie di trattamenti e ne prescrive l'utilizzo per le diverse tipologie di impianto, in sintesi, le tipologie di prodotti più utilizzate sono le seguenti (per maggiori dettagli si rimanda alla norma stessa):

- Filmanti, sostanze alcaline affini ai metalli che aderiscono alle tubazioni creando una pellicola monomolecolare che evita il contatto diretto acqua-metallo limitando le corrosioni e le incrostazioni;
- Stabilizzanti, sostanze che prevengono la precipitazione del calcare;
- Disperdenti, sostanze che evitano l'aggregazione delle particelle
- Correttori pH, sostanze di natura basica per evitare un pH acido
- Biocida e disinfettanti, sostanze necessarie per prevenire lo sviluppo di microrganismi, crescite biologiche e la formazione di biofilm
- Antigelo, sostanza che proteggono dal rischio gelo
- Deossigenanti, sostanze che sono capaci assorbire chimicamente l'ossigeno del fluido e contribuiscono alla passivazione delle superfici

QUALITÀ DELL'ARIA E MANUTENZIONE IMPIANTI: L'ANALISI DELL'ING. GREGORIO MANGANO (AIISA)



Intervista a

ING. GREGORIO MANGANO

Presidente di AIISA

La pulizia e la manutenzione degli impianti aeraulici non sono più attività marginali, ma fattori determinanti per la qualità dell'aria interna, l'efficienza energetica e la salute degli ambienti in cui viviamo e lavoriamo. In un contesto normativo sempre più stringente e con una crescente attenzione ai criteri ESG e ai Criteri Ambientali Minimi (CAM), il settore della sanificazione degli impianti sta vivendo una fase di profonda evoluzione tecnologica e culturale. Per approfondire questi temi abbiamo

intervistato l'Ing. Gregorio Mangano, Presidente di AIISA (Associazione Italiana Igienisti Sistemi Aeraulici) e CEO di Techno One, che da anni guida la riflessione e l'innovazione in materia di qualità dell'aria indoor. Con lui abbiamo esplorato gli scenari attuali e futuri: dal legame tra pulizia e performance energetiche alle criticità legate a umidità e muffe, dall'evoluzione della chimica ecocompatibile alle nuove competenze richieste dai protocolli ESG.

1 PULIZIA IMPIANTI E PERFORMANCE ENERGETICHE: UNA RELAZIONE MISURABILE?

Negli ultimi anni si parla molto di efficienza energetica anche in relazione alla qualità interna dei condotti e delle UTA. Quali metriche o indicatori concreti oggi consentono di quantificare il miglioramento delle performance a seguito di un intervento di pulizia impiantistica?

La correlazione tra pulizia degli impianti aeraulici e efficienza energetica è scientificamente provata e quantificabile attraverso indicatori precisi.

Oggi il nostro settore dispone di metriche consolidate che consentono di misurare concretamente i benefici della pulizia impiantistica. Uno studio ASHRAE condotto su un edificio di 34 piani a Times Square ha dimostrato risparmi energetici pari a 35.700 euro annui semplicemente modificando metodo e frequenza di pulizia delle batterie di scambio termico.

Questo non è un caso isolato: la ricerca internazionale conferma che una corretta manutenzione degli impianti aeraulici può migliorare l'efficienza energetica dal 10% al 15%. Tra gli indicatori principali che rileviamo direttamente sulle UTA prima e dopo un intervento di pulizia ci sono:

- Differenza di pressione (ΩP)
- Portata dell'aria
- Consumo elettrico dei ventilatori (kW/h)
- Efficienza delle batterie di riscaldamento/raffrescamento

Le performance energetiche, quindi, sono misurabili e i dati parlano chiaro: riduzione dei consumi elettrici dal 15% al 30%, incremento del 10-15% dell'efficienza complessiva del sistema HVAC e diminuzione delle perdite di carico fino al 50% nei condotti puliti.

Come ingegnere applico sempre il principio della quantificazione: "se non puoi misurarlo, non puoi migliorarlo". Per questo AIISA adotta i protocolli NADCA (National Air Duct Cleaners Association), di cui è partner esclusivo, che consentono misurazioni pre e post intervento e permettono di calcolare i BTU generati dal sistema HVAC prima e dopo la pulizia.

La chiave è un approccio sistemico: non basta pulire, bisogna monitorare, misurare e documentare i risultati per alimentare un circolo virtuoso di miglioramento continuo. In AIISA ricordiamo spesso che "un impianto aeraulico è un organismo vivente che deve essere pensato per durare nel tempo: se la pulizia è una condizione fondamentale per questa durata, l'impianto deve essere progettato e costruito affinché la pulizia sia possibile e agevole".

Infine, i protocolli AIISA prevedono sempre attività di sanificazione, che vanno oltre la

semplice pulizia meccanica o chimica. L'obiettivo è ridurre sensibilmente e in maniera misurabile la contaminazione da agenti patogeni presenti sulle superfici: in questo modo non solo si migliora il rendimento delle macchine, ma si garantisce anche una migliore qualità dell'aria immessa negli ambienti.

2 UMIDITÀ E MUFFA: SCENARI COMPLESSI E CRITICITÀ OPERATIVE

Nei contesti reali, quali sono le condizioni ambientali e progettuali che più spesso creano criticità in tema di umidità e proliferazione microbica negli impianti? Può fare qualche esempio concreto basato sulla sua esperienza sul campo?

L'umidità negli impianti aeraulici rappresenta una delle sfide più complesse del nostro settore, con implicazioni che vanno ben oltre il semplice disagio ambientale. Dalla nostra esperienza ventennale, con oltre 500 tecnici ASCS formati in Italia, vediamo quotidianamente quanto questo fenomeno sia spesso sottovalutato. Come ripetiamo da tempo: "l'inquinamento degli ambienti confinati costituisce un fattore determinante per la salute".

Le condizioni ambientali sono cruciali: in inverno non è raro riscontrare umidità relativa molto bassa ($UR < 20\%$), mentre in estate il problema opposto è un'eccessiva umidità ($UR > 60\%$). Entrambi i casi generano criticità per gli impianti e per la qualità dell'aria interna.

A questi fattori si aggiungono le problematiche progettuali e manutentive più comuni, tra cui:

- sistemi di umidificazione adiabatica gestiti in modo scorretto;
- torri di raffreddamento con manutenzione inadeguata;
- drenaggi insufficienti e sifoni intasati che causano ristagni d'acqua;
- isolamento termico carente, con conseguente formazione di ponti termici e condensa localizzata;
- ventilazione insufficiente, che crea zone di aria stagnante nelle sezioni di miscela;
- assenza di controllo igrometrico, ovvero mancanza di sensori per il monitoraggio continuo dell'umidità.

Come amo spiegare ai professionisti del settore: "Un impianto aeraulico è come un organismo vivente: se non respira bene, si ammala. E quando si ammala, fa ammalare anche chi lo utilizza".

3 FILTRAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA: UN APPROCCIO SISTEMICO

Nonostante la disponibilità di filtri ad alte prestazioni, spesso il sistema nel suo complesso non garantisce i risultati attesi. Quali errori progettuali o manutentivi riscontra più frequentemente nei sistemi filtranti aeraulici?

Il filtro più sofisticato del mondo serve a poco se il sistema nel suo complesso non funziona correttamente. In oltre vent'anni di esperienza, i nostri associati hanno supervisionato centinaia di impianti aeraulici applicando il protocollo AIISA-NADCA, e possiamo individuare con chiarezza alcune criticità ricorrenti.

Le più frequenti riguardano:

- sequenza filtrante inadeguata, che compromette l'efficacia complessiva del sistema;
- dimensionamento errato delle sezioni filtranti;
- tenute e bypass non controllati, che permettono all'aria non filtrata di aggirare i filtri;
- mancata sostituzione dei filtri nei tempi corretti;
- lavaggio dei prefiltri anziché sostituzione, con conseguente riduzione dell'efficienza;
- pulizia trascurata delle sezioni filtranti, che porta ad accumuli di polvere e contaminanti, terreno ideale per la proliferazione microbica.

Come ricordiamo spesso: "Un sistema di filtrazione è una catena: è forte quanto il suo anello più debole. Non basta avere il filtro migliore, serve il sistema migliore".

4 INNOVAZIONE NEI PRODOTTI CHIMICI E ATTREZZATURE: STATO DELL'ARTE

La chimica utilizzata nelle operazioni di pulizia si sta evolvendo verso formulazioni più ecocompatibili: quali sono i limiti reali all'adozione diffusa di queste soluzioni in Italia?

L'innovazione chimica nel settore aeraulico sta vivendo una vera e propria rivoluzione orientata alla sostenibilità, ma incontra ostacoli che vanno oltre la semplice efficacia tecnica. Gli Associati AIISA seguono con grande attenzione questa transizione, consapevoli che si tratta di un tema che riguarda milioni di persone che vivono quotidianamente in ambienti chiusi. In questo contesto, scegliere formulazioni ecocompatibili non è più soltanto un atto etico, ma una necessità tecnica ed economica.

Le nuove soluzioni rappresentano un salto qualitativo significativo. Un esempio sono i biocidi a base di perossidi stabilizzati, che scompaiono completamente dopo l'uso senza lasciare residui tossici. I tensioattivi biodegradabili hanno ormai raggiunto prestazioni paragonabili a quelli di origine petrolifera, mentre gli enzimi specifici per i biofilm batterici si distinguono perché agiscono in modo selettivo sulle strutture microbiche, evitando la resistenza tipica dei biocidi tradizionali. Le nanotecnologie aprono prospettive ancora più interessanti: i rivestimenti a base di biossido di titanio, attivati dalla luce, mantengono le superfici continuamente sanificate senza bisogno di ulteriori interventi.

Nonostante i progressi, l'adozione diffusa incontra ancora barriere concrete. L'iter burocratico per registrare un nuovo prodotto come Presidio Medico Chirurgico richiede dai 12 ai 18 mesi, con costi elevati. Ma l'ostacolo principale rimane culturale: molti clienti continuano a preferire la "candeggina di sempre". A ciò si aggiunge la resistenza dovuta al costo iniziale superiore (20-40%), che spesso non tiene conto del ritorno economico a medio-lungo termine: minori spese di smaltimento, riduzione dei rischi per gli operatori e maggiore durata degli impianti grazie a una minore aggressività chimica.

Fortunatamente, i Criteri Ambientali Minimi (CAM) stanno accelerando il cambiamento: quando la pubblica amministrazione innalza gli standard, anche il settore privato è costretto ad adeguarsi per restare competitivo.

In un futuro non lontano, la chimica ecocompatibile non sarà più un'alternativa "premium", ma lo standard industriale. Chi non si adeguerà resterà escluso non solo dal mercato pubblico, ma progressivamente anche da quello privato più evoluto. La pressione normativa europea, la crescente sensibilità ambientale e i risultati concreti in termini di efficacia stanno infatti rendendo rapida una transizione che, in passato, avrebbe richiesto decenni.

5 CORROSIONE E DEPOSITI: PREVENZIONE NEI CIRCUITI COMPLESSI

Negli impianti più complessi, come ad esempio quelli in ambienti industriali o sanitari, quali best practice suggerisce per prevenire corrosione interna e depositi, andando oltre la semplice scelta dei materiali?

La prevenzione della corrosione negli impianti aeraulici complessi richiede un approccio sistemico che vada ben oltre la semplice scelta dei materiali. L'attenzione deve concentrarsi sulla gestione dell'umidità, della

condensa e dei contaminanti trasportati dal flusso d'aria.

Vale sempre il principio: "prevenire costa 1, riparare costa 10, sostituire costa 100". Le cause principali di corrosione che riscontriamo sono diverse. Tra le più comuni:

- condensa localizzata e ristagni di umidità, spesso nei punti freddi dell'impianto (curve, raccordi, sezioni non isolate), dove l'acqua di condensa – leggermente acida – favorisce l'attacco corrosivo;
- depositi di particolato e biofilm, che creano microambienti acidi a contatto con le superfici metalliche e accelerano i processi di corrosione localizzata;
- agenti chimici presenti in ambienti industriali, come vapori acidi, solventi e altri composti, che una volta aspirati vengono concentrati nei condotti, causando corrosione chimica diretta.

Le strategie preventive più efficaci prevedono: isolamento termico continuo e barriera al vapore, corretta progettazione delle pendenze di drenaggio, sifoni dimensionati e ispezionabili, oltre a sistemi di drenaggio efficienti.

Con il Protocollo Operativo AIIISA applichiamo inoltre procedure di pulizia preventiva che comprendono: rimozione periodica di depositi e biofilm, disinfezione, controllo del pH delle soluzioni e risciacqui abbondanti per eliminare ogni residuo chimico.

Come ricordiamo spesso: "Un impianto aeraulico è come un sistema respiratorio: deve rimanere asciutto, pulito e ben ventilato. La corrosione è spesso il sintomo di un impianto che non respira correttamente".

La chiave del successo è l'approccio preventivo integrato: considerare l'impianto non come una semplice rete di condotti, ma come un ecosistema complesso in cui ogni componente influisce sulla durabilità dell'intero sistema.

6 EVOLUZIONE NORMATIVA E DOMANDA DI QUALITÀ: SCENARI FUTURI

Come vede evolvere la domanda di qualità negli interventi di sanificazione e manutenzione nei prossimi anni, anche alla luce dei requisiti ESG e dei criteri ambientali minimi (CAM)?

Stiamo vivendo una vera e propria rivoluzione nel settore aeraulico: la sanificazione e la manutenzione non sono più viste come un servizio "opzionale", ma come un requisito strategico per la sostenibilità aziendale. È la stessa trasformazione che l'informatica

ha compiuto negli anni '90, passando da semplice supporto a elemento centrale del business.

Come Presidente di AIIISA osservo quotidianamente questa evoluzione attraverso i nostri Associati e il confronto costante con istituzioni nazionali, regioni, enti privati e governativi.

L'impatto dei criteri ESG (Environmental, Social, Governance) è evidente:

- le aziende quotate sono chiamate a rendicontare KPI legati alla qualità dell'aria indoor, come parametro di benessere per i dipendenti;
- l'efficienza energetica degli impianti HVAC viene misurata in termini di kWh risparmiati;
- le emissioni evitate, calcolate come CO₂ ridotta grazie alla manutenzione preventiva, entrano nei bilanci di sostenibilità;
- la salute occupazionale viene valutata anche attraverso la correlazione tra IAQ e giorni di malattia dei lavoratori.

Non sorprende quindi che le multinazionali abbiano iniziato a inserire la certificazione aeraulica tra i loro standard ESG.

Guardando al futuro, vediamo scenari tecnologici sempre più avanzati: digitalizzazione e IoT, con i digital twin degli impianti e sensori in tempo reale; manutenzione predittiva basata su AI, capace di anticipare guasti e contaminazioni; blockchain per la tracciabilità degli interventi, con registri immutabili; app per utenti finali che permettono di visualizzare un rating della qualità dell'aria in tempo reale.

Fondamentale sarà anche investire nella formazione professionale: le certificazioni per figure come CVI e ASCS dovranno integrarsi con nuove competenze emergenti, ad esempio carbon footprint specialist, Indoor Air Quality auditor e Sustainability facility manager.

Forse non è lontano il giorno in cui ogni edificio avrà un vero e proprio "passaporto della qualità dell'aria", così come oggi possiede un certificato energetico. Chi non si adegnerà resterà inevitabilmente fuori dal mercato.

Il futuro, in definitiva, appartiene a chi saprà trasformare l'obbligo normativo in opportunità competitiva.



Decapante deferrizzante per impianti di climatizzazione nuovi o di recente installazione

FERRONEX è un flussante chimico per la rimozione di ossidi, scorie corrosive e depositi patinati di calcare o altra natura (es. residui di lavorazione quali trucioli, paste ecc). Ideale su sistemi multi-metallici, il prodotto è studiato appositamente per la pulizia di impianti nuovi o di recente installazione (massimo 6 mesi), in ottemperanza a quanto stabilito dalla Norma vigente UNI 8065:2019. Ricordiamo infatti che nuovo non vuol dire pulito, anzi! Aiuta a prevenire i fenomeni di corrosione ed a mantenere l'efficienza del sistema oltre che a conservare il combustibile.

Prima della messa in funzione dell'impianto, FERRONEX dovrà essere dosato al 1 - 2% e fatto circolare, preferibilmente a temperatura operativa normale, con tutte le valvole aperte e la pompa regolata al massimo flusso per un periodo minimo di 1 ora o fino a che l'esecuzione non è portata a termine in modo soddisfacente (a seconda delle dimensioni del circuito). Dopo la pulizia, il prodotto dovrà essere scaricato e spurgato fino a che l'acqua non scorra chiara. Al riempimento, il sistema dovrà essere trattato con l'inibitore di corrosione ed antialga FILMAX+Thermakil in ragione dell'1% rispetto il liquido totale circolante. FERRONEX è adatto per l'uso con tutti i comuni metalli e leghe, comprese leghe leggere quali alluminio ed alluminio-silicio. In ogni caso attenersi alle prescrizioni tecniche secondo Norme UNI 8065:19 e BS 7593:19.

PRODOTTI IN PRIMO PIANO



THERMAKIL
Alghicida, battericida, virucida ad ampio spettro, idoneo per impianti di raffreddamento e riscaldamento.



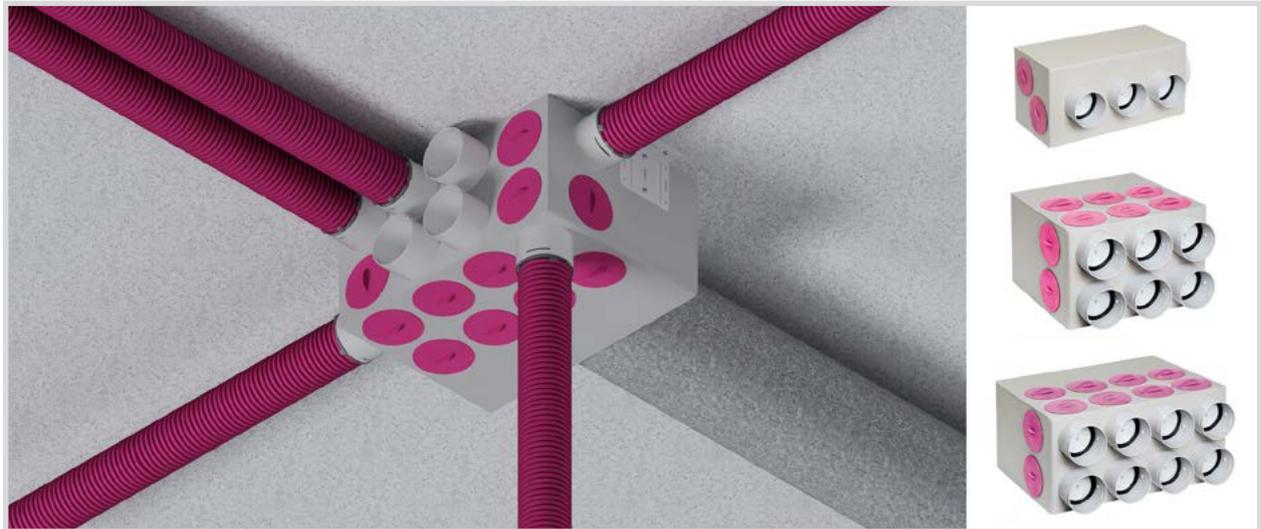
ZINCONEX
Disincrostante in polvere adatto per impianti termici e di raffreddamento con superfici zincate o in alluminio.



ANTINEX+Thermakil
Sciogli fanghi risanante, disgregante per morchie, fanghi e calcare per impianti termici.



FILMAX+Thermakil
Condizionante chimico con esplicita azione antincrostante, idoneo per impianti termici multimetallici.



Stop a muffa e batteri con FITT Agix® Smart Box: il nuovo box di distribuzione in PVC che azzerava l'umidità e previene la corrosione

Negli impianti VMC e HVAC la qualità dei materiali impiegati riveste un ruolo fondamentale per le performance dell'impianto stesso. Box per la distribuzione dell'aria soggetti a condensa o contaminazioni interne possono infatti diventare terreno fertile per muffe, batteri e depositi, compromettendo la salubrità dell'aria e, dunque, il benessere degli occupanti. Da qui la necessità di impiegare componenti, come FITT Agix® Smart Box, capaci di assicurare maggiore salubrità, durabilità e facilità di manutenzione.

FITT Agix® Smart Box: un nuovo concetto di reversibilità

Realizzato interamente in PVC, FITT Agix® Smart Box è il nuovo box per la distribuzione dell'aria che ridisegna il concetto di reversibilità: mediante il semplice scambio dei tappi filettati, di colore magenta, con i collarini Grey, è infatti possibile variare rapidamente la posizione e il numero degli attacchi di distribuzione, riducendo in questo modo tempistiche e costi di installazione e assicurando una perfetta adattabilità alle reali condizioni di cantiere.

Prestazioni certificate per la salubrità dell'aria e il massimo comfort acustico

A differenza dei box in lamiera, che tendono a trasmettere vibrazioni e rumori, richiedendo spesso isolanti aggiuntivi, il PVC si contraddistingue per le sue proprietà fonoassorbenti naturali, che, nel caso di FITT Agix® Smart Box, sono potenziate dalla presenza di un pannello interno in fibra di poliestere di spessore 10 mm.

Tale pannello, certificato in classe di reazione al fuoco (B-s2,d0), è dotato di un film di protezione autoestinguente impermeabile a polveri, oli e acqua, che rende il materiale ideale per l'installazione all'interno di condotti d'aria.

Certificato da EUROCERTIFICATIONS Srl conforme alla norma VDI 6022, il pannellino risponde ai più severi requisiti igienici del settore, attestando l'idoneità del materiale come isolante acustico nelle canalizzazioni d'aria.

Il risultato finale è un box che, non solo migliora notevolmente l'esperienza acustica dell'ambiente, ma garantisce inoltre la salubrità costante dell'aria.

Perché preferire il PVC alla lamiera

Il PVC di FITT Agix® Smart Box è un materiale che, se confrontato ad altre soluzioni, quali la lamiera, dimostra performance nettamente superiori, sotto molteplici aspetti:

- **Umidità e proprietà anticondensa**
Un box in lamiera, se esposto alla condensa, sviluppa ruggine, muffe e batteri. Al contrario, FITT Agix® Smart Box, in PVC anticondensa, è impermeabile e inattaccabile dall'umidità: non assorbe acqua e previene ossidazione e proliferazione microbologica.
- **Igiene e contaminazioni biologiche**
Le superfici metalliche, soggette a micro-fessurazioni, con la condensa favoriscono biofilm e patogeni. Il PVC di FITT Agix® Smart Box, invece, liscio e inerte, non trattiene impurità ed è naturalmente antibatterico e antimicotico, riducendo il rischio di contaminazioni indoor e migliorando il comfort ambientale.
- **Durabilità e manutenzione**
Mentre con il tempo la lamiera può corrodersi e richiedere manutenzioni straordinarie, il PVC resiste alla corrosione e agli agenti chimici, mantenendo intatte le proprie caratteristiche anche in condizioni termoigrometriche critiche.

Vista la crescente necessità di garantire l'efficienza, l'igiene e l'affidabilità degli impianti, FITT Agix® Smart Box si propone come una soluzione in grado di abbinare i vantaggi intrinseci del PVC all'innovazione della reversibilità, offrendo un prodotto che, anche grazie alla possibilità di ricevere consulenze tecniche personalizzate, risponde in modo concreto alle specifiche esigenze del cliente.



Quanto incide sulla Performance degli impianti HVAC la corretta pulizia e manutenzione?!

Negli ultimi anni si è pensato più attivamente alla **qualità dell'aria che respiriamo** negli ambienti di lavoro, nelle scuole e in tutti quei luoghi ad alta affluenza. Per questo motivo ci troviamo di fronte aziende pubbliche e private sempre più sensibili a queste tematiche.

In questo particolare momento storico in cui stiamo cercando di ridurre i consumi energetici e tutelare la qualità dell'aria indoor, è di fondamentale importanza **eseguire la manutenzione igienica e meccanica di UTA** e dell'intero circuito aeraulico.

L'attività di pulizia degli impianti HVAC prevede diversi livelli di competenze in funzione della tipologia d'impianto

da trattare. Oltre ad eseguire la pulizia dei filtri aria, per identificare lo stato igienico delle UTA e del circuito aeraulico si può eseguire un'**ispezione tecnica** e una **videoispezione dei canali aria**.

Queste attività vengono svolte da Aziende esperte nella Gestione Igienica che hanno come obiettivo comune, quello ripristinare lo stato igienico degli impianti HVAC.

Allo stesso tempo una corretta manutenzione meccanica permette di gestire in maniera più efficiente le risorse energetiche della struttura che serve.

Grazie a sistemi interconnessi possiamo misurare e monitorare in tempo reale le performance degli impianti.

Questi sistemi ci permettono di **monitorare da remoto molti parametri**, dalla pressione differenziale sulla sezione filtrante fino alla CO2 negli ambienti di lavoro.

La salute e sicurezza degli ambienti indoor, passa principalmente dagli impianti HVAC ed è di fondamentale importanza gestirli nel migliore modo possibile.

L'AZIENDA



Da oltre 10 anni promuove una maggiore consapevolezza dei rischi biologici connessi agli impianti idrici e HVAC. Una maggiore consapevolezza migliora l'attitudine a pianificare attività di prevenzione e gestione dei rischi connessi

Sanarapida gestisce due marchi principali:

- PureAir 24, tramite sensori avanzati IA crea dei sistemi ad hoc che monitorano H24 la qualità dell'aria indoor, le performance degli impianti sia lato igienico che meccanico
- Legionella 360, tramite sistemi interconnessi, software in cloud e l'uso di IA gestisce l'intero processo di prevenzione, gestione e monitoraggio della Legionella in strutture pubbliche e private

Sanarapida è specializzata in tecnologie ambientali che hanno come scopo quello di tutelare la salute e la sicurezza delle persone all'interno degli ambienti di lavoro. Per questo motivo ha sviluppato prodotti specifici per Aziende, HSE, Facility Manager e prodotti su misura per le aziende di manutenzione che vogliono migliorare la loro competitività.

News dal nostro portale



RIQUALIFICAZIONE OFF-SITE: LO STUDIO ENEA CHE ACCELERA L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Lo studio ENEA sull'Edilizia Off-Site evidenzia come l'industrializzazione dell'edilizia possa rendere più efficiente, sostenibile e rapida la riqualificazione degli edifici in Italia.

Per migliorare i tempi, i costi e la sostenibilità degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici, l'ENEA ha analizzato le potenzialità dell'approccio off-site. Lo ha fatto nell'ambito del progetto OFFICIO, in collaborazione con il Politecnico di Milano, l'Università Politecnica delle Marche e l'Università di Bologna.

Lo studio ha messo in evidenza come l'uso di componenti prefabbricati assemblati in fabbrica – noti come OSC (Off-Site Construction) – possa rappresentare una soluzione concreta per il rilancio del patrimonio edilizio italiano.

I vantaggi sono molteplici: minori tempi di intervento, meno sprechi e un impatto ambientale e sociale decisamente più contenuto.

L'industrializzazione dell'edilizia come chiave per una riqualificazione più rapida e sostenibile

L'Off-Site Construction si basa su un concetto semplice: realizzare componenti prefabbricati pronti

per essere trasportati e installati in cantiere, riducendo tempi, costi e disagi.

Lo studio ENEA ha evidenziato come questa modalità costruttiva garantisce vantaggi ambientali – come la direttiva di consumi idrici e produzione di rifiuti – ma anche economici, grazie a un maggiore controllo sui costi.

I benefici si estendono anche alla sfera sociale, poiché gli interventi risultano meno invasivi per i residenti e più sicuri per i lavoratori. In Italia, l'adozione dell'OSC trova terreno fertile soprattutto negli interventi di isolamento termico, in particolare nei Sistemi di Isolamento Termico a Cappotto (ETICS), che negli ultimi anni hanno registrato una crescita importante, spinta anche dagli incentivi fiscali.

[Continua a leggere su expoclima.net](http://expoclima.net)



EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI: L'ITALIA ACCELERA MA IL TRAGUARDO È ANCORA LONTANO

L'Italia ha già ridotto del 9,1% i consumi energetici degli edifici, ma serve un'accelerazione per centrare l'obiettivo europeo del -16% entro il 2030. La riqualificazione può generare posti di lavoro, ridurre le bollette e contrastare la povertà energetica.

La transizione energetica del settore edilizio italiano è entrato in una fase cruciale. L'adeguamento agli obiettivi europei fissati dalla Direttiva EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), nota anche come Direttiva "Case Green", richiede un cambiamento profondo e capillare del patrimonio immobiliare nazionale.

A fronte di un consumo energetico ancora elevato negli edifici esistenti, l'Italia ha già compiuto un primo passo significativo, registrando un taglio del 9,1% nei consumi rispetto ai livelli del 2020. Tuttavia, per raggiungere il traguardo minimo del -16% fissato per il 2030, serve accelerare il ritmo delle riqualificazioni, puntando su un mix di incentivi mirati, strumenti finanziari accessibili e politiche a lungo termine.

In questo contesto, il tema dell'efficienza energetica non è più solo una questione ambientale, ma una leva economica e sociale strategica per il Paese.

Lo stato dell'arte: consumi energetici e qualità degli edifici

Il patrimonio edilizio italiano è tra i più datati in Europa: oltre la metà delle abitazioni è stata costruita prima degli anni '80, quando ancora non esistevano norme stringenti sull'efficienza energetica. Di conseguenza, gran parte degli immobili risulta energivora, con oltre il 50% classificato nelle classi F e G.

Questo si traduce in un fabbisogno energetico elevato per il riscaldamento e il raffrescamento, con un impatto diretto sulle emissioni e sui costi in bolletta. Negli ultimi anni, grazie a misure straordinarie come il Superbonus 110%, si è assistito a una crescita importante degli interventi di riqualificazione, soprattutto per quanto riguarda cappotti termici, sostituzione degli impianti e installazioni di fonti rinnovabili.

[Continua a leggere su expoclima.net](https://www.expoclima.net)

News dal nostro portale



CONTO TERMICO 3.0: INCENTIVI POTENZIATI PER EFFICIENZA ENERGETICA E FONTI RINNOVABILI

Il conto termico 3.0 semplifica gli incentivi per efficienza energetica e rinnovabili, accelerando la transizione verso edifici più sostenibili

Il conto termico 3.0 segna un'evoluzione significativa nella politica di incentivazione dell'efficienza energetica e delle rinnovabili in Italia. Dopo l'approvazione da parte delle Regioni e l'adozione del decreto attuativo, il nuovo schema introduce maggiori incentivi, procedure semplificate e una più ampia gamma di interventi ammissibili, con l'obiettivo di accelerare la transizione energetica degli edifici pubblici e privati.

Interventi ammissibili: efficienza energetica e fonti rinnovabili

Il conto termico 3.0 amplia le possibilità di accesso ai contributi rispetto alle versioni precedenti. Gli incentivi riguardano due principali categorie di interventi:

Efficienza energetica degli edifici, che comprende lavori di isolamento termico su pareti, coperture e infissi, l'installazione di sistemi di ventilazione meccanica controllata, e l'adozione di tecnologie per

il risparmio energetico in impianti termici e sistemi di climatizzazione.

Installazione di impianti a fonti rinnovabili, come pompe di calore, impianti solari termici, biomassa e sistemi di cogenerazione.

Rispetto al conto termico 2.0, il nuovo schema prevede contributi più elevati, in particolare per interventi combinati che integrano diverse tecnologie. Ciò favorisce soluzioni complete, capaci di ottimizzare i consumi e aumentare la sostenibilità complessiva dell'edificio.

[Continua a leggere su expoclima.net](https://www.expoclima.net)



webindustries

Web agency specializzata per le aziende HVAC/R



Comunicazione e digitalizzazione
per il **settore della climatizzazione**