

Scopo dell'indagine tecnica condotta è quello in primo luogo di ricercare le cause dei fenomeni di degrado riscontrati sulle superfici interne di alcuni nodi costruttivi del fabbricato ed in secondo luogo di formulare proposte di intervento risolutive. Si riportano di seguito alcune riprese fotografiche rappresentative dei fenomeni di degrado riscontrati sulle superfici interne nel corso dei sopralluoghi conoscitivi effettuati.



Figura 1 – Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete verticale-solaio piano sesto



Figura 2 – Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete verticale-solaio piano sesto



Figura 3 – Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete-serramento

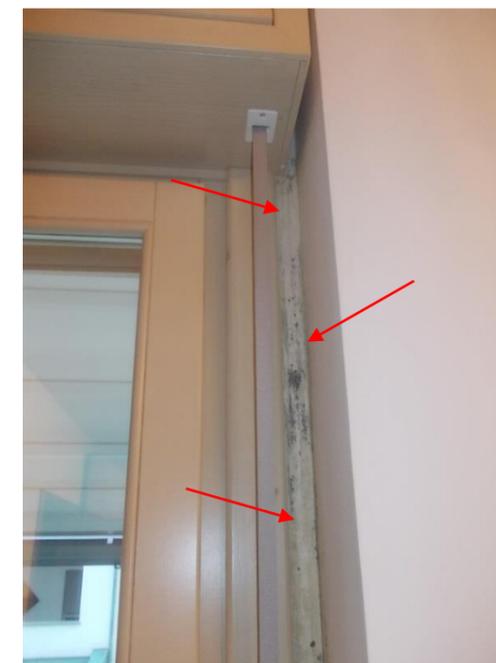


Figura 4 – Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete-serramento



Figura 5 – Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete verticale-solaio piano sesto



Figura 6 – Ripresa fotografica fenomeni di formazione di muffe evidenti in corrispondenza del nodo parete verticale-solaio piano sesto

Al fine di verificare la presenza oggettiva (legata a caratteristiche intrinseche della struttura e non all'uso particolare dei locali presso i quali sono stati riscontrati fenomeni di degrado) del rischio di condensa e/o della formazione di muffe, sono state ricostruite le stratigrafie dei principali nodi strutturali, analizzandole successivamente attraverso l'impiego di software agli elementi finiti (IRIS 3; THERM).

La modellazione ad elementi finiti è una tecnica numerica atta a cercare soluzioni approssimate di problemi descritti da equazioni differenziali alle derivate parziali riducendo queste ultime ad un sistema di equazioni algebriche.

La ricostruzione delle stratigrafie è stata effettuata sulla base di rilievi geometrici effettuati in sito e a partire dalla documentazione di progetto disponibile per la consultazione presso gli archivi comunali.

Le verifiche condotte in accordo con le indicazioni di cui alle norme UNI EN ISO 13788:2013 e UNI EN ISO 10221:2013, adottando per le condizioni al contorno i valori previsti dal legislatore, evidenziano come le superfici interne di alcuni nodi strutturali possono in condizioni standard essere soggette alla formazione di muffa.

Si osserva come, alcune tipologie dei nodi strutturali che alla luce dei calcoli presentano condizioni potenzialmente favorevoli alla crescita di colonie fungine, sono riscontrabili sull'involucro dell'unità immobiliare maggiormente colpita dai fenomeni di degrado. Ciò suggerisce che le problematiche osservate possano essere ricondotte a elevati valori di umidità relativa sul lato interno dell'involucro edilizio (fenomeni di superficie).

Le simulazioni sono state realizzate mediante l'ausilio dei seguenti software di calcolo agli elementi finiti:

- IRIS 3.0 (calcolo dei ponti termici agli elementi finiti secondo UNI EN ISO 10211; Verifica del coefficiente ψ e del rischio di muffa e condensa);

- THERM.

Le condizioni interne sono quelle indicate dal legislatore (condizioni standard). Si noti come le temperature di rischio interne, in accordo con le disposizioni di cui al DPR 59/09, sono valori fissi per tutta la stagione di riscaldamento.

Il mese critico per la formazione di muffa e per la formazione di condensa in questo caso coincidono (gennaio). Il prospetto riportato di seguito sintetizza i risultati ottenuti per i diversi nodi analizzati.

Progr.	Descrizione	Coefficiente lineico interno [W/m K]	Coefficiente lineico esterno [W/m K]	Rischio condensa	Rischio muffa
1	N6	0,458	0,123	✓	✗
2	N7	0,556	0,124	✓	✗
3	N9	0,715	0,464	✓	✓
4	N10	0,135	-0,277	✓	✓
5	N11	0,496	0,496	✓	✓
6	N14	0,508	0,187	✓	✗

✓ = verifica soddisfatta

✗ = verifica non soddisfatta

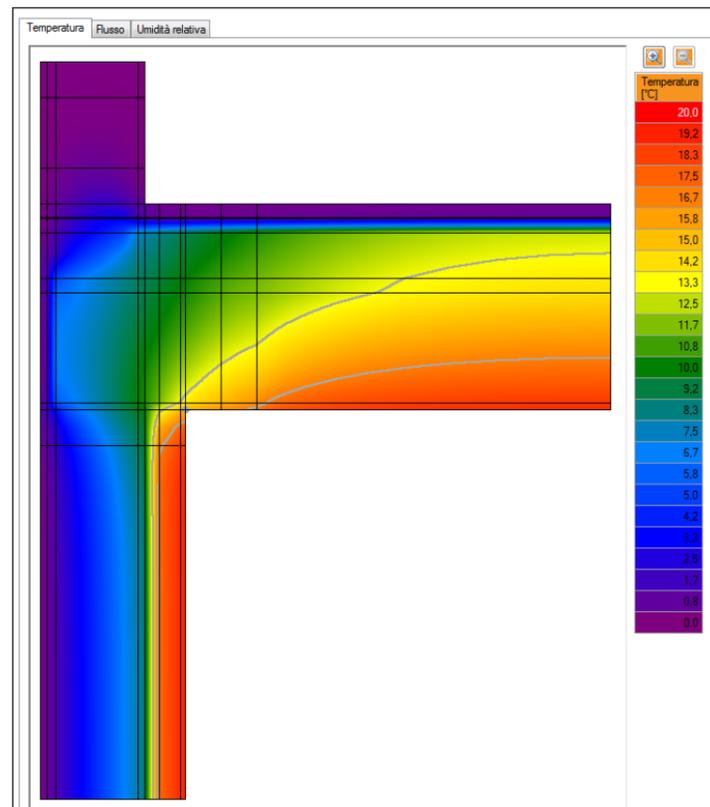


Figura 7 – grafico temperature nodo strutturale N7

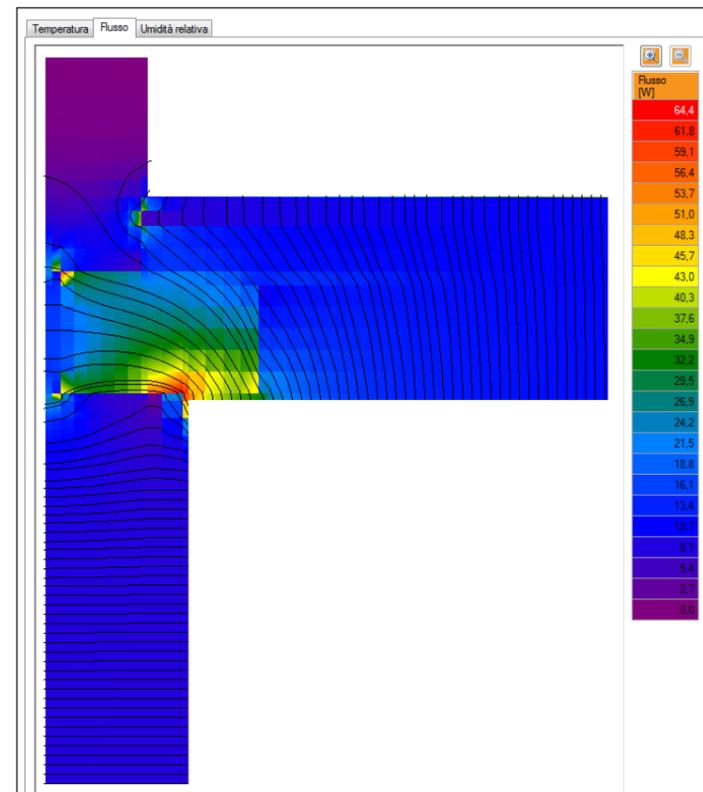


Figura 8 – grafico flusso nodo strutturale N7

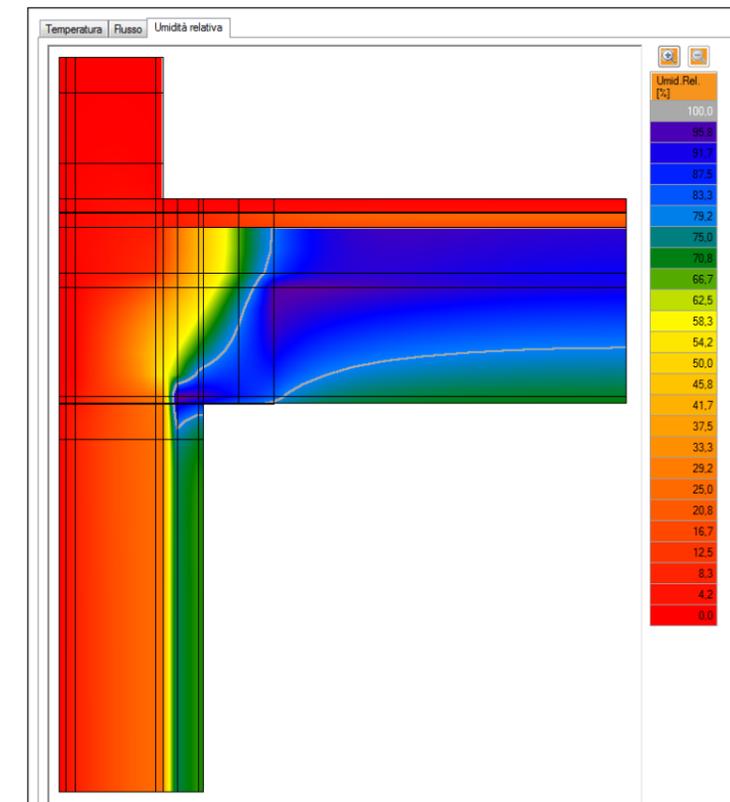


Figura 9 - grafico umidità relativa nodo strutturale N7

I fenomeni di superficie consistono sostanzialmente nella proliferazione di colonie fungine e, nei casi estremi, anche nella condensazione d'acqua sulla superficie interna dell'involucro. Nel caso di mancata verifica occorre pianificare interventi per ottenere i seguenti due obiettivi:

- A. ridurre i valori della P_{vi} (pressione di vapore interna) aumentando n (rinnovo d'aria) e/o diminuendo il rapporto g_v/V (con g_v portata di vapore prodotta dalle sorgenti interne, V volume dell'ambiente);
- B. aumentare la t_{pi} (temperatura superficiale, media mensile) e cioè tramite un maggiore isolamento termico dell'involucro edilizio.

Nel primo caso l'intervento più immediato è l'incremento del rinnovo d'aria n , ad esempio, si potrà mettere in opera serramenti muniti di dispositivo per il controllo della ventilazione oppure ricorrere a una ventilazione meccanica degli ambienti. Nel secondo caso, dando per scontato un sufficiente isolamento termico delle pareti perimetrali piane e focalizzando l'attenzione sui ponti termici, sarà necessario correggerne l'assetto. In modo particolare nelle zone d'accoppiamento si dovrà cercare di incrementare la lunghezza del percorso del flusso termico, in modo da aumentare così la resistenza al suo passaggio.

Ipotesi di intervento A: incremento del rinnovo d'aria mediante ventilazione meccanica degli ambienti

Definizione di sistemi di ventilazione meccanica controllata¹

La necessità di ridurre i consumi energetici ha portato alla realizzazione di edifici sempre più sigillati rispetto all'esterno, andando a ridurre notevolmente la naturale modalità di areazione degli ambienti.

Un sistema di ventilazione meccanica controllata è un sistema che, per mezzo dell'utilizzo di un dispositivo meccanico, ovvero un ventilatore, assicura l'immissione di aria fresca, ovvero aria presa dall'esterno ed adeguatamente filtrata, al fine di garantire il rinnovo dell'aria contaminata e mantenere le ottimali condizioni di qualità della stessa.

L'adozione di un sistema di ventilazione meccanica controllata rappresenta quindi la soluzione ottimale (nel caso di edifici ad altissime prestazioni energetiche, indispensabile) a garantire condizioni di **confort e salubrità all'interno degli ambienti abitati**, condizioni che non sarebbero garantite ricorrendo a sistemi di ventilazione naturale, basati sulle differenze di pressioni che naturalmente si creano tra interno ed esterno di un edificio. Se correttamente dimensionato inoltre un sistema di ventilazione controllata contribuisce a ridurre l'eccesso di umidità interna e mantenere il giusto equilibrio dell'ambiente.

Un sistema di Ventilazione Meccanica Controllata è costituito da una serie di canalizzazioni e da un ventilatore che provvedono a garantire il rinnovo dell'aria.

Si possono sostanzialmente definire tre tipologie di impianti:

Impianti di immissione: impianti nei quali il ventilatore immette aria fresca in ambiente, distribuita tramite canali e bocchette; a sua volta l'aria fresca spinge l'aria viziata all'esterno attraverso le aperture esistenti. Questa soluzione ha il vantaggio di permettere la filtrazione dell'aria, il riscaldamento/raffreddamento di questa in inverno/estate, di mantenere gli ambienti in pressione rispetto all'esterno e di impedire il rientro di aria fredda e non filtrata dell'esterno.

Impianti di estrazione: impianti nei quali il ventilatore, canalizzato o montato a parete, estrae l'aria ambiente e di conseguenza richiama aria fresca dall'esterno, attraverso opportune aperture di ripresa. Questa soluzione presenta il vantaggio di permettere l'aspirazione dell'aria viziata direttamente alla fonte (bagni, cucine) evitando di contaminare il resto dell'ambiente. Gli svantaggi sono di segno opposto rispetto a quelli per gli impianti di sola immissione.

Impianti di immissione ed estrazione: impianti dotati sia di un ventilatore di immissione che di estrazione, sono i più efficaci e presentano i vantaggi delle soluzioni di sola immissione e/o estrazione. Inoltre, questo tipo di impianto presenta il vantaggio di poter adottare un recuperatore di calore attraverso cui vengono fatti transitare i flussi di aria di immissione e estrazione, recuperando in questo modo l'energia termica contenuta nell'aria estratta dagli ambienti, che viene trasferita all'aria di immissione, con rendimenti che arrivano a superare il 90%. Questo consente di ottenere notevoli riduzioni del consumo energetico dovuto al ricambio dell'aria, che in edifici di classe energetica elevata, dove le dispersioni per trasmissione sono ridotte a valori molto bassi, rappresentano la quota principale dell'energia necessaria alla climatizzazione dell'edificio. Diventa quindi indispensabile l'adozione di un sistema di ventilazione meccanica con recuperatore di calore affinché un edificio possa ottenere la classificazione energetica più elevata.

Si possono inoltre definire due principali tipologie di installazione.

Impianti autonomi: impianti nei quali ogni singola unità abitativa è dotata di un proprio impianto indipendente.

Impianti centralizzati: impianti al servizio di più unità abitative.

Si propone dunque l'installazione di un sistema di ventilazione meccanica controllata di immissione ed estrazione del tipo autonomo, dimensionato per una portata massima pari a 180 m³/h (corrispondente per l'unità 20 a 0,77 volumi/ora).

Specifiche tecniche impianto:

- impianto di ventilazione meccanica controllata prodotto dalla ditta "MAICO ITALIA" (o sistema analogo) completo di tutti i componenti meccanici o elettrici necessari, secondo lo schema preliminare di massima allegato di seguito;
- superficie utile unità abitativa circa 90 m², altezza netta ambienti 270 cm, portata ricambi orari pari a 180 m³/h (0,77 volumi/ora);
- n° 1 punto di estrazione in facciata e n° 1 punto di emissione in facciata;
- n° 3 vani di estrazione ambiente: cucina, bagno 1, bagno 2;
- n° 3 vani di emissione: soggiorno, camera 1, camera 2;
- unità centrale tipo "MAICO AERA In linea 180" (o unità analoga); n° 2 unità di ripartizione; tubi flessibili; tubi sanitizzati e isolati acusticamente.

Caratteristiche unità centrale tipo "MAICO AERA In linea 180":

¹ Fonte: Rehau Unlimited Polymer Solution



Figura 10 - unità centrale tipo "MAICO AERA In linea 180" unità centralizzata di estrazione e di immissione aria con recupero di calore ad alta efficienza ad installazione orizzontale, portata massima 180 m³/h.

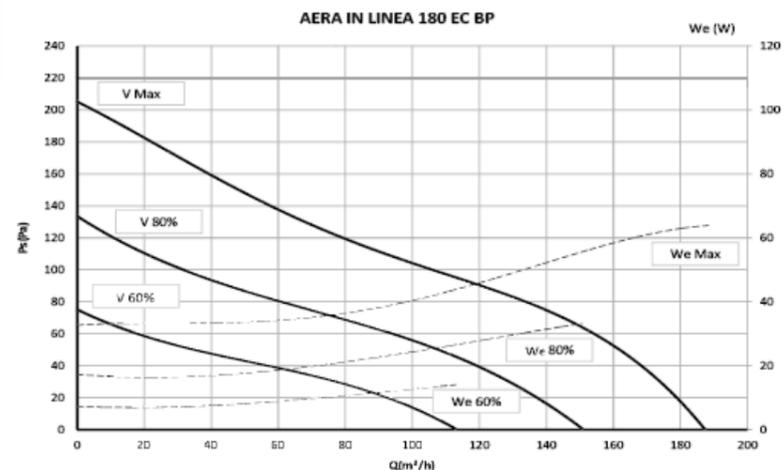
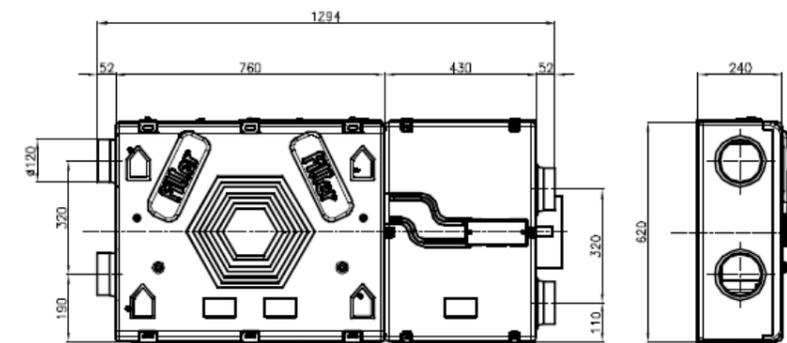


Figura 11 - curve/prestazioni unità centrale tipo "MAICO AERA In linea 180"



AERA in linea 180

Figura 12 - dimensioni unità centrale tipo "MAICO AERA In linea 180"

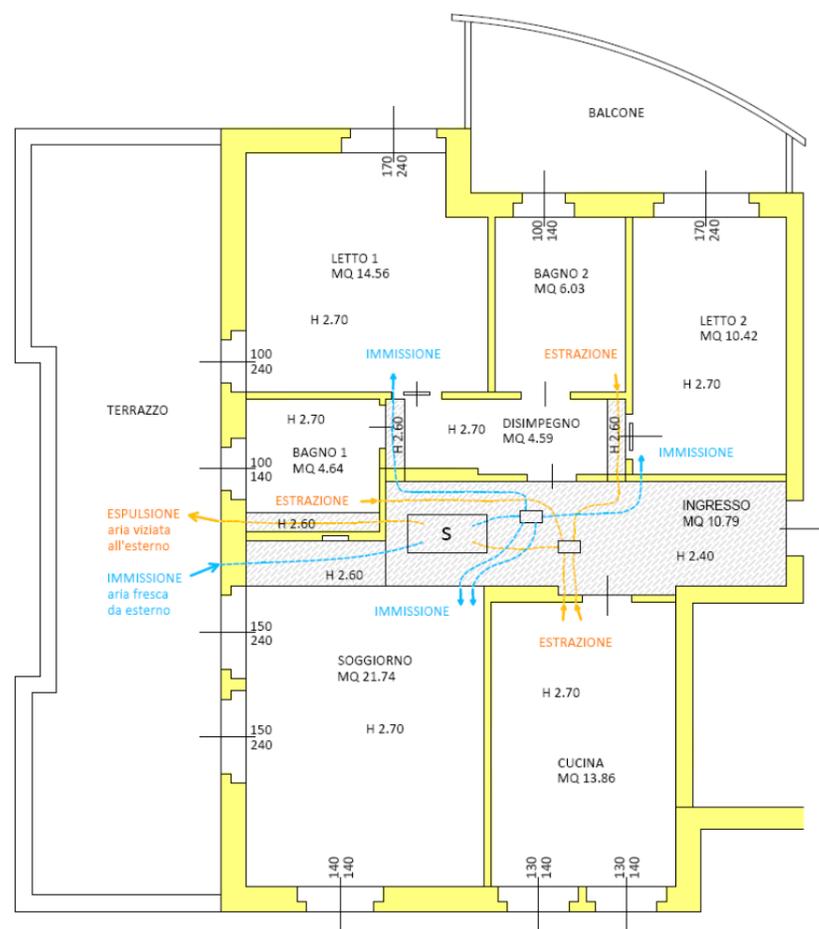


Figura 13 - schema preliminare di massima impianto VMC



Figura 14 – Installazione impianto VMC – Forometrie passaggio canalizzazioni



Figura 15 – Installazione impianto VMC – Canalizzazioni



Figura 16 – Installazione impianto VMC – Canalizzazioni



Figura 17 – Installazione impianto VMC – Installazione macchina a soffitto



Figura 18 – Installazione impianto VMC – Installazione macchina a soffitto



Figura 19 – Installazione impianto VMC – Controsoffitto con botole ispezione macchina



Figura 20 – Installazione impianto VMC – Controsoffitto canalizzazioni



Figura 21 – Installazione impianto VMC – Controsoffitto con botole ispezione macchina