

L'involucro edilizio

L'involucro edilizio è costituito da una serie di elementi stratificati, ossia formati da più strati di diversi materiali, presenti per motivi strutturali, di isolamento termico, acustico o di altra natura e in generale per i più svariati motivi. Alcuni elementi dell'involucro edilizio da tenere in considerazione sono:

- Le pareti, ossia quegli elementi che separano un locale da altri locali posti sullo stesso livello, dall'esterno dell'edificio oppure dal terreno (rispettivamente “~ interne”, “~ esterne” e “~ di controterra”); oltre che a separare gli spazi, sono utili anche a garantire un certo isolamento termico;
- Le finestre, che in seguito studieremo come ponti termici;
- I solai, elementi strutturali che separano un livello dell'edificio dall'altro; un solaio è quello che noi chiamiamo soffitto se si trova in alto rispetto al locale, pavimento se si trova invece in basso; sono casi differenti quelli del solaio di sottotetto, del solaio su ambiente non riscaldato e del solaio su vespaio aerato/di controterra; generalmente, si usano tavole e pignatte come elementi di rinforzo strutturale;
- Il vespaio aerato, ossia una camera d'aria o comunque uno spazio isolante che separi in qualche modo l'edificio dal contatto diretto con il terreno;
- I pilastri, altri elementi strutturali, dunque non pensati originariamente per l'isolamento, su cui poggiano i solai; una tipica applicazione della Scienza delle Costruzioni è la trave appoggiata-appoggiata, che è proprio una semplificazione del caso del solaio poggiato su due pilastri;

Ogni edificio è adattato al terreno sul quale è edificato e alle condizioni che caratterizzano l'ambiente circostante: è impensabile edificare – ad esempio – una struttura di legno in un'area industriale, così come è impensabile costruire una struttura colossale sul dorso di una montagna.

Un ulteriore adattamento del progetto viene fatto in funzione di certe scelte architettoniche oppure di una determinata tecnologia da adottare – magari perché richieste esplicitamente dal cliente. Determinate tecnologie richiedono poi l'impiego di determinati materiali: in edilizia, tali materiali possono andare dai più rudimentali, quali pietra e legno, ai più comuni, come il cemento armato, arrivando addirittura a materiali compositi come il PVC.

Gli elementi costruttivi

L'elemento costruttivo che prima di tutti viene alla mente è il mattone. Possiamo avere mattoni forati – meno densi dei mattoni pieni – che garantiscono una buona resistenza meccanica e rendono le strutture più leggere; inoltre hanno una conducibilità termica più bassa rispetto ai mattoni pieni (0.4 W/mK rispetto ai 0.7 W/mK dei mattoni pieni). I mattoni sono normalizzati sotto molteplici aspetti, come le dimensioni ($12 \times 24 \times 5.5 \text{ cm}$), il peso (2.7 kg per i pieni, 1.8 per i Multiforo ecc...) e addirittura la percentuale di foratura nominale dei mattoni forati. In tal modo è garantita l'affidabilità in condizioni standard dei valori sopra riportati di conducibilità termica del pezzo intero.

LATERIZI POROTON®: i mattoni Poroton® hanno bassa conducibilità termica ($0.14\text{--}0.23 \text{ W/mK}$), e densità pari a $1400\text{--}1500 \text{ kg/m}^3$; hanno inoltre buona capacità fonoassorbente, buone caratteristiche meccaniche e buona resistenza al fuoco.

Il Poroton® è un laterizio il cui impasto cotto risulta alleggerito con alveoli sferici ottenuti additivando all'argilla cruda, prima della fase di formatura, una ben determinata quantità di alleggerenti (per esempio: polistirolo, appositamente espanso in forma di piccole sfere di diametro compreso tra 1 e 2 mm). Essendo tuttavia marchio registrato, potrebbe avere come aspetto negativo l'elevato costo. (?)

ISOLANTI TERMICI

I materiali di isolamento termico possono essere classificati in base al tipo di materiale, alla sua natura o alla sua struttura. Il materiale può essere minerale, petrolchimico, animale o vegetale; per natura si

distinguono in naturali e sintetici, quindi in organici e inorganici. La struttura può essere fibrosa, cellulare o porosa, con le seguenti differenze:

- Struttura fibrosa: a cella aperta con un numero elevato di fibre di forma allungata, oltre alla presenza di canali di dimensioni ridotte che collegano con l'esterno; questa compresenza permette al materiale di avere elevate capacità di isolamento termico, di permeabilità al vapore e di assorbimento acustico;
- Struttura cellulare: a celle chiuse, ottenute tramite l'espansione del materiale; contiene quantità elevata di aria ferma nelle cellule che non sono però collegate tra di loro;
- Struttura porosa: presenta molti vuoti ma molto piccoli, ed ha proprietà simili alla struttura cellulare.

Gli isolanti possono essere disposti sotto forma di pannelli, di feltri oppure di molteplici elementi minuscoli scollegati (es. le palline di polistirolo).

L'EPS o polistirene espanso si ottiene immergendo in acqua granuli di polistirolo e aggiungendo all'acqua una quantità di pentano dal 2% all'8%; ha una conducibilità termica molto bassa (tra i 0.034 e i 0.056 W/mK) ma ha una limitata applicazione (temperatura massima di 75°C) a causa del suo basso punto di combustione.

Le fibre di legno sono una valida alternativa a causa della loro bassa conducibilità termica (tra i 0.050 e i 0.067 W/mK) e sono spesso impiegati all'interno di intercapedini. Tra gli aspetti negativi dell'impiego del legno abbiamo la bassa resilienza chimica, che nelle aree più umide può portare a una rapida degradazione dello stesso.

Un'eccellente alternativa è invece la lana di roccia, un silicato ricavato dalla roccia, caratterizzato da elevate resistenze termica e acustica nonché ignifugo (resiste fino a 700°C), chimicamente inerte ma al tempo stesso altamente drenante; la sua conducibilità termica si aggira tra i 0.032 e i 0.061 W/mK , toccando gli stessi valori del più limitato EPS.

Abbiamo poi la perlite, una roccia vulcanica effusiva totalmente ignifuga, che si origina tipicamente dall'idratazione dell'ossidiana. Le applicazioni in ambito edile si limitano solo all'impiego per quegli elementi in cui non è richiesta un'alta resistenza meccanica a compressione. Non assorbe umidità ed è chimicamente inerte; la sua conducibilità termica è di 0.065 W/mK .

Esiste infine il VIP (vacuum insulated panel, lett. "pannello isolato con il vuoto"), ossia un pannello rigido contenente un volume di gas molto rarefatto ("vuoto") che permette di ottenere una conducibilità termica di valori nettamente inferiori rispetto a qualsiasi altro materiale tradizionale in uno spessore ridotto, ma richiedono una particolare cura nella posa, vanno ordinati su misura e possono arrivare a costare indicativamente intorno ai 5500 €/m³. Indicativamente, i valori di U si aggirano intorno ai 0.004–0.008 W/mK .

I SOLAI

I solai hanno una struttura portante, travetti, che sostengono file di laterizi. Al di sopra e al di sotto si hanno isolanti termici e intonaci. Nella nuova edilizia i laterizi possono essere sostituiti da blocchi di polistirene espanso. I solai dei tetti a falde hanno un'opportuna inclinazione. La loro struttura dipende dall'elemento portante (legno o calcestruzzo). La falda può anche essere ventilata.

I SERRAMENTI VETRATI

I serramenti vetrati, quali finestre e porte vetrate, sono composti da un telaio, un controtelaio e, ovviamente, uno o più strati di vetro separati da intercapedini di gas rarefatto, utili a garantire un maggiore isolamento termico.

Il vetro "float" o vetro chiaro è costituito da lastre con facce piane e parallele esenti da imperfezioni legate al passaggio su rulli. Non ha caratteristiche di schermatura solare, il che significa che permette il passaggio della maggior parte dell'irradiazione solare (luce solare, ultravioletti, ecc...). I valori tipici di conducibilità termica sono compresi tra 0.5 e 1.0 W/mK .

I vetri colorati derivano dal vetro float con impiego di coloranti a base di ossidi metallici che assorbono radiazioni infrarosse, senza ostacolare le radiazioni visibili. L'effetto è un vetro che può essere usato, oltre che come schermatura, anche per effetti decorativi, come possiamo osservare ad esempio in molte chiese. Altra tecnologia di schermatura è poi il vetro riflettente, ossia un vetro float rivestito con depositi di metalli nobili e ossidi metallici, permettendo così la riflessione selettiva dei raggi solari (schermatura da UV e da parte della luce emessa dal Sole). Tali vetri favoriscono sì un buon isolamento termico, ma anche una riduzione della luminosità nell'ambiente interno.

I vetri a controllo solare sono costituiti da vetri float rivestiti con sottili multistrati dielettrici o metallici che, attraverso fenomeni di interferenza ottica, selezionano la radiazione visibile e schermano quella ultravioletta. Infine, i vetri basso emissivi, detti anche vetri a isolamento termico rinforzato, hanno una produzione analoga a quella dei vetri riflettenti a cui si aggiunge un trattamento specifico per riflettere il calore irraggiato dall'interno degli ambienti, così da ridurre le dispersioni e da mantenere un'alta trasmissione luminosa dall'esterno verso l'interno.

Un ultimo problema si pone sulla permeabilità degli infissi, ossia la capacità di permettere il passaggio dell'acqua dall'esterno all'interno; la classificazione dell'infisso è fatta tenendo conto del valore della pressione relativa esterna che provoca la penetrazione dell'acqua:

- Parliamo di classe E1 se l'acqua penetra per valori di PE compresi tra i 50 e i 150 Pascal;
- Parliamo di classe E2 se penetra per valori di PE tra i 150 e i 300 Pascal;
- Parliamo di classe E3 se penetra per valori di PE tra i 300 e i 500 Pascal;
- Parliamo di classe E4 se l'infisso resiste a valori di PE superiori ai 500 Pascal.

Possiamo classificare gli infissi anche in base alla permeabilità rispetto all'aria, cioè la quantità di aria in m^3/h che attraversa una finestra per effetto della differenza di pressione tra interno ed esterno. In questo caso, la classe dell'infisso è preceduta dalla lettera A; a 100Pa di differenza:

- Parliamo di classe A1 se la perdita massima è di $50 m^3/m^2h$;
- Parliamo di classe A2 se la perdita massima è di $20 m^3/m^2h$;
- Parliamo di classe A3 se la perdita massima è di $7 m^3/m^2h$ o inferiore;

I nuovi infissi hanno certamente migliore tenuta rispetto ai vecchi modelli, ma ciò può provocare, in alcuni casi, problemi di umidità interni agli ambienti: per eventuale mancanza della necessaria ventilazione (si assume che l'infisso resti chiuso per un determinato arco temporale) è possibile avere fenomeni di condensazione del vapore d'acqua presente nell'aria. Anche assumendo che l'infisso sia aperto per consentire il ricambio d'aria, il numero orario di tali ricambi necessario per controllare la formazione della condensa è funzione della produzione di vapore all'interno degli ambienti (dovuto magari a persone, macchinari, docce o altri dispositivi idraulici, ecc...) e può essere calcolato a partire dalla legge dei gas ideali:

$$n (p_{vi} - p_{ve}) V = G_i R_v T_{int}$$

Dove:

- $R_v = 462 J/kgK$ è la costante specifica del vapore acqueo;
- n è l'incognita, il numero di ricambi orari d'aria (in h^{-1});
- V è il volume dell'ambiente interno in m^3 ;
- G_i è la produzione media di vapore all'interno dell'ambiente (in kg/h);
- p_{vi} è ovviamente la pressione di vapore dell'ambiente interno in Pa;
- p_{ve} è la pressione di vapore dell'aria esterna, presa in rif. Prospetto XV della UNI 10349 dal valore della pressione di vapore media mensile;
- T_{int} è la temperatura assoluta interna in K.

Notiamo che la differenza di pressione $p_{vi} - p_{ve}$ è direttamente proporzionale al rapporto $G_i/n V_i$: ciò significa che, con l'aumentare della generazione o il diminuire del volume, cresce anche la sollecitazione igrometrica e dunque il rischio di danni. Nella stagione invernale quindi la messa in opera di serramenti a tenuta pressoché ermetica in ambienti piccoli occupati da molte persone risulta particolarmente insidiosa. Nelle altre stagioni, invece una più frequente apertura dei serramenti determinerà un rinnovo d'aria assai maggiore e ridurrà quindi il rischio igrometrico. ([Approfondimenti su questo segmento](#))

La formazione di condensa è stata presa in considerazione dal DPR 412/93 che, mediante la UNI 10350, impone la metodologia di verifica di formazione della condensa e con il DPR 551/99 e la UNI 7129 impone la presenza di aperture di ventilazione non vetrate se si hanno impianti a combustione (esempio cucine o caldaie interne).

FENOMENI DI SUPERFICIE (EXTRA)

I fenomeni di superficie consistono sostanzialmente nella proliferazione di colonie fungine e, nei casi estremi, nella condensazione d'acqua nella superficie interna dell'involucro. A parità di altri fattori, la germinazione e lo sviluppo delle spore fungine su supporti porosi è tanto più rapida quanto più elevata è l'umidità relativa locale: l'esperienza dimostra che, per evitare il fenomeno, è necessario non superare, a contatto della superficie dell'involucro edilizio, un valore medio mensile di umidità relativa dell'aria di 0.8. In altre parole:

$$\phi_m \leq 80\% \rightarrow p_{vi} \leq 0.8 p_{si}$$

Dove p_{si} è la pressione di saturazione alla temperatura superficiale media mensile t_{pi} . Pertanto, la verifica andrà effettuata su base mensile al fine di garantire il rispetto di questa condizione in tutti i mesi dell'anno.

Nel caso la condizione di cui sopra non sia verificata, occorre pianificare interventi per ottenere i seguenti due obiettivi:

- Ridurre i valori della p_{vi} aumentando n o diminuendo il rapporto G_i/V ;
- Aumentare la t_{pi} tramite un maggiore isolamento termico dell'involucro edilizio.