

PRINCIPI DI FISICA TECNICA

Per comprendere meglio come intervenire su un edificio al fine di ridurre i consumi energetici è importante conoscere alcuni concetti base della fisica tecnica.

Il trasferimento di calore da un corpo ad un altro può avvenire in tre modi:

Conduzione: trasmissione di calore per contatto diretto tra molecole di un corpo caldo e di un corpo freddo

Convezione: trasmissione di calore tra due corpi che si può avere solo in presenza di un fluido interposto tra gli stessi, ad esempio l'aria

Irraggiamento: Trasmissione di calore attraverso le onde elettromagnetiche irradiate da un corpo più caldo verso uno più freddo

Un edificio disperde energia nei seguenti modi:

- Inefficienze dell'impianto di produzione e trasmissione del calore (tubi mal coibentati, caldaia, ecc)
- Trasmissione di calore tramite le pareti opache
- Trasmissione del calore tramite le superfici vetrate
- Trasmissione del calore tramite il basamento
- Ventilazione (forzata per ricambi d'aria e per «scarsa tenuta all'aria» dell'immobile)

Conduttività termica (lambda)

Descrive la capacità di un materiale di trasmettere calore e si misura in [W/mk]. Tale valore dipende:

- Dalla densità del materiale, materiali più leggeri contengono più aria ed hanno conduttività minore
- Dall'umidità che il materiale contiene, più un materiale è umido più aumenta la conduttività

Conducibilità termica di alcuni materiali usati in Edilizia

	W/mK
Rame	390
Cemento Armato	2,3
Malta in Cemento	1,4
Intonaco in Cemento	1,4
Vetro	1
Intonaco in Calce	0,8
Intonaco in Gesso	0,7
Laterizio Forato	0,43
Cartongesso	0,21
Argilla Espansa	0,09
Truciolli di Legno	0,05
Vermiculite	0,046
Lana di Roccia	0,04
Polistirolo Espanso	0,03
Mattone Pieno	0,72
Malta Bastarda	0,90
Calcestruzzo di Perlite	0,15

Resistenza termica [R]

La resistenza termica è calcolata dividendo lo spessore del materiale per la relativa conducibilità.

Resistenza termica = Spessore / Conducibilità [m² k / W]

Nel caso di pareti costituite da diversi strati di materiale la resistenza termica complessiva R_t è data dalla somma delle resistenze termiche.

Trasmittanza termica [U = 1 / R_t]

Valori buoni di U sono per le pareti esterne intorno a 0,1 W/mk, così per il tetto, mentre per le superfici vetrate intorno a 1,30 W/mk, infine per il solaio verso le cantine (basamento) 0,30 W/mw.

Resistenza alla diffusione del vapore acqueo

Indica quanto è alta la resistenza di un materiale al passaggio di vapore per diffusione rispetto ad uno strato di aria del medesimo spessore. Un valore di $\mu = 5$ (fibra di legno) significa che la resistenza alla diffusione del vapore è 5 volte più alta rispetto ad un analogo spessore di aria. Per una costruzione a regola d'arte un elemento costruttivo dovrebbe essere costituito da strati sempre più permeabili al vapore man mano che si passa dall'interno verso l'esterno.

MATERIALI

IDRATI DI SILICATI DI CALCIO PANNELLI

Materia prima: idrato di calce, cemento e sabbia quarzosa mescolati con acqua e schiuma proteica come agente schiumogeno

Caratteristiche di resistenza e durata: stabile dimensionalmente, resistente ad insetti e parassiti, resistente agli acidi, buona resistenza a compressione anche se relativamente leggero.

Proprietà termoigrometriche ed acustiche: buone proprietà termoisolanti, buona capacità di regolare dell'umidità grazie all'elevata permeabilità al vapore. Non adatto come isolante acustico per la sua rigidità.

Aspetti ecologici: risorsa sufficientemente disponibile, possibilità di riciclaggio anche per la produzione di materiali come intonaci isolanti. Conferibile in discariche per inerti.

Impiego: cappotto

Precauzioni per montaggio: evitare la formazione di polveri durante il taglio

Conduktività termica: 0,045 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore: 5



CALCIO SILICATO

Materia prima: sabbia di quarzo, calce, fibre di cellulosa per aumentare la stabilità e la flessibilità

Caratteristiche di resistenza e durata: stabile dimensionalmente, duraturo, resistente ad insetti e roditori, non putrescibile, alto PH che contrasta la formazione di muffa, buona resistenza a compressione

Proprietà termoigrometriche ed acustiche: discrete proprietà termoisolanti, molto buona la capacità di regolare dell'umidità grazie alla capacità di accumulo e trasporto capillare

Aspetti ecologici: risorsa sufficientemente disponibile, possibilità di riciclaggio parziale, conferibile in discarica

Impiego: isolamento interno e risanamento da umidità e muffe. I pannelli vanno incollati in modo continuo al sottofondo e devono essere trattati in superficie con materiali aperti alla diffusione al vapore

Precauzioni per montaggio: evitare la formazione di polveri durante il taglio usare mascherina

Conduktività termica: 0,05-0,07 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore: 5



FIBRE MINERALI:

Lana di vetro: sabbia di vetro o quarzo riciclato, soda, dolomite, feldspato, calcare e resina sintetica (bakelite).

Lana di roccia: rocce basaltiche, resine sintetiche portate a fusione. Per pannelli di facciata: idrofibizzazione con sostanze a base di silicone ed olii minerali

Caratteristiche di resistenza e durata: stabile dimensionalmente, duraturo, resistente ad insetti e parassiti, resistente alla muffa, non putrescibile, se umido aumenta la conduttività termica

Proprietà termoigrometriche ed acustiche: ottime proprietà termoisolanti, bassa protezione termica estiva, ottimo isolamento acustico. Non possiede capacità di regolazione dell'umidità.

Aspetti ecologici: risorsa sufficientemente disponibile, la produzione ad alte temperature può portare alla formazione di sostanze cancerogene, possibilità di recupero e rimontaggio del materiale non è umido o imbrattato.

Impiego: cappotto purché protetto dall'umidità

Precauzioni per montaggio: guanti, mascherina antipolvere, occhiali

Conduttività termica: 0,035 - 0,040 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore: 1



VETRO CELLULARE:

Materia prima:

Lana di vetro: sabbia di vetro o quarzo riciclato, portati ad alte temperature

Caratteristiche di resistenza e durata: stabile dimensionalmente, duraturo, resente a gelo e acidi, resistente ad insetti e parassiti, resistente alla muffa, non putrescibile, elevata resistenza a compressione, impedisce penetrazione radon

Proprietà termoigrometriche ed acustiche: buone proprietà termoisolanti, buona protezione termica estiva, completamente impermeabile all'acqua

Aspetti ecologici: risorsa sufficientemente disponibile, se puro può essere riciclato come materiale da riempimento o riutilizzato

Impiego: dove vi è umidità: basamento cappotti, sotto platee fondazione. Incollaggio con colle speciali o bitumi

Precauzioni per montaggio: areare per smaltire i vapori dei collanti

Conduttività termica: 0,040 - 0,050 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore: infinito



FIBRA DI LEGNO:

Materia prima:

Residui di lavorazione di legno di conifere o latifoglie, senza o con aggiunta di lattice, parafina, bitume, cera naturale per rendere i pannelli resistenti all'umidità

Caratteristiche di resistenza e durata: stabile dimensionalmente, resistente ad insetti e parassiti, resistente alla muffa, resistente a compressione, si possono annidare roditori

Proprietà termoigrometriche ed acustiche: buone proprietà termoisolanti, ottima protezione termica estiva, buone capacità di regolare l'umidità, se umido perde poco le sue capacità isolanti, buon isolamento acustico.

Aspetti ecologici: risorsa sufficientemente disponibile, rigenerabile può anche essere riciclato come combustibile o compostato

Impiego: tetto, solai (pannelli appoggiati), pareti (isolamento esterno e interno)

Precauzioni per montaggio: evitare formazione di polveri durante i tagli, mascherina antipolvere, occhiali

Conduttività termica: 0,04 - 0,055 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore: 5



FIBRA DI LINO:

Materia prima:

Prodotto vegetale trattato con borace o Sali d'ammonio per la resistenza al fuoco ed agli insetti, fibre di poliestere come rinforzo

Caratteristiche di resistenza e durata: stabile dimensionalmente, resistente ad insetti e parassiti, resistente alla muffa, si possono annidare roditori

Proprietà termoigrometriche ed acustiche: buone proprietà termoisolanti, media protezione termica estiva, buone capacità di regolare l'umidità, può assorbire umidità senza danneggiamenti

Aspetti ecologici: materia prima rinnovabile, se impregnato con boro o se rinforzato con fibre di poliestere non adatto al compostaggio o compostato

Impiego: tetto, solai (pannelli appoggiati), pareti (isolamento per costruzione a più strati fra montanti di legno), solai

Precauzioni per montaggio: nessuna

Conduttività termica: 0,040 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore: 1



LANA DI PECORA:

Materia prima:

Lana di pecora, urea derivati e Sali di boro come trattamento contro tarme e antincendio

Caratteristiche di resistenza e durata: stabile dimensionalmente, resistente ad insetti e roditori, resistente alla muffa, bassa resistenza a compressione

Proprietà termoigrometriche ed acustiche: buone proprietà termoisolanti, media protezione termica estiva, molto buone capacità di regolare l'umidità, può assorbire umidità mantenendo le sue proprietà isolanti, buon isolamento acustico

Aspetti ecologici: prodotto naturale sufficientemente disponibile, può essere riutilizzato, compostabile se non trattato con Sali di boro

Impiego: tetto, solai (pannelli appoggiati), pareti (isolamento fra telai in legno), solai (intercapedini e tubature)

Precauzioni per montaggio: nessuna

Conduttività termica: 0,035 - 0,040 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore: 2



RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Risanare energeticamente un edificio consente di adeguare la costruzione alle nuove esigenze degli abitanti in termini di spazi e di comfort abitativo, ottenendo nel contempo un risparmio energetico.

Risanare energeticamente un immobile significa:

- Ridurre la bolletta energetica
- Aumentare il benessere abitativo
- Contribuire attivamente alla tutela del clima
- Incrementare il valore dell'immobile

Criterio per valutare analiticamente come intervenire nel risanamento di uno specifico edificio:

- 1) Analisi dell'immobile (visiva e se necessario termografica) prendendo in analisi i singoli elementi costruttivi
- 2) Calcolo dei consumi teorici attuali e confronto con quelli effettivi
- 3) Valutazione di possibili interventi e del risparmio teorico correlato ad ognuno di essi
- 4) Decisione sull'intervento/i da fare (da prediligere interventi globali in quanto si riduce la possibilità di ponti termici dovuti alla disuguaglianza di isolamento tra parti oggetto di intervento e parti escluse dallo stesso)
- 5) Realizzazione intervento con attento controllo in cantiere
- 6) Valutazione dei risultati

Interventi possibili sulle singole porzioni di involucro

Serramenti: I serramenti rappresentano di solito la porzione di immobile a più alta trasmittanza e quindi uno dei primi sul quale intervenire. Di solito però è conveniente intervenire sugli infissi e contemporaneamente sulle pareti opache al fine di evitare un «ribaltamento» delle trasmittanze con conseguente spostamento del punto di condensa del vapore acqueo sulle pareti e rischio di muffe. Tra gli aspetti tecnici a cui fare attenzione nella sostituzione degli infissi esistenti con infissi termicamente prestanti c'è il fatto che questi ultimi presentano generalmente una larghezza dei telai maggiore e, se con vetri a tre strati, anche una trasparenza ridotta: questo potrebbe comportare, a parità di dimensioni delle forometrie, un ridotto apporto di luce naturale all'interno, che potrebbe rappresentare un problema in edifici o stanze poco luminose.

Nella caso non si decida di sostituire gli infissi si può intervenire con alcuni accorgimenti:

- *Sigillatura delle fessure*
- *Sostituzione guarnizioni fra telaio fisso e muratura*
- *Sovrapposizione dell'isolante termico al telaio*
- *Sostituzione dei vetri esistenti con vetri termoisolanti*

Nella posa in opera è importante prestare particolare cura al collegamento fra telaio della finestra e muratura. Il telaio della finestra può essere posizionato nel piano dell'isolamento; un'ulteriore soluzione è costituita dal montaggio sul bordo del vano finestra, dietro lo strato di isolamento. In questo modo è possibile fare sì che l'isolante copra il telaio fisso migliorando le capacità coibenti di quest'ultimo.

Qualora si decidesse di sostituire gli infissi senza isolare le pareti esterne, si consiglia di isolare l'imbotte della finestra (spalline, architrave, davanzale) in modo da permettere di realizzare liberamente in futuro l'isolamento della parete esterna.

Cassonetti avvolgibili: I cassonetti degli avvolgibili rappresentano un punto debole all'interno delle pareti perimetrali poiché nella gran parte di casi sono mal isolati e sigillati. Le perdite energetiche si possono ridurre applicando ai vecchi cassonetti pannelli di materiale isolante e sigillando le fughe.

In caso di sostituzione degli avvolgibili è importante mettere in opera cassonetti isolati su tutti i lati.

Involucro esterno: La soluzione più utilizzata ed efficace è la realizzazione di un cappotto esterno. Alcuni suggerimenti per una corretta esecuzione:

Verificare sempre lo stato dell'intonaco esistente al fine di garantire una buona superficie di aggancio (meglio tassellatura oltre che incollaggio)

Eliminare in modo definitivo cause di umidità ed efflorescenze saline nella muratura: mettere in opera l'isolamento termico solo quando la muratura è asciutta per evitare ristagni di umidità con conseguenti danni agli elementi costruttivi

Affidarsi sempre a sistemi integrati e collaudati e seguire le istruzioni per una corretta messa in opera

Coprire i telai finestre con isolante in modo da ridurre le perdite dai punti di raccordo

Sigillare bene tutte le fughe e le fessure per evitare ingressi di aria o acqua

Facciata ventilata: si rispetto al sistema a cappotto offre il vantaggio di poter essere fissata su strutture con intonaci deteriorati.

Suggerimenti:

- verificare che la struttura portante sia sufficientemente resistente per portare il sistema di facciata;
- agganciare bene la sottostruttura alla muratura portante affidandosi a sistemi certificati e garantiti;
- Eliminare eventuali cause di umidità nella muratura
- Ridurre al minimo i ponti termici mediante l'utilizzo di una doppia orditura portante e di un doppio strato isolante
- Prevedere uno strato di tenuta al vento ma aperto alla diffusione del vapore sul lato esterno

Tetto e ultimo solaio: vediamo il caso dell'isolamento sopra le travi : in questo caso l'isolamento viene messo in opera sopra le travi, questa soluzione è sensata quanto 1. il manto di copertura e la struttura sotto tegola (o sotto abbadini) vengono rinnovati, 2. non è possibile un isolamento sotto le travi per mancanza di spazio, 3. si può alzare la quota del tetto senza problemi. In questi casi si mantiene la struttura portante esistente e si costruisce al di sopra un tetto completamente nuovo. Per evitare punti deboli nello strato di isolamento termico va prevista la posa di un freno a vapore sul lato caldo del tetto vale a dire su quello interno. La barriera al vento esterna protegge invece il pacchetto di copertura da vento e pioggia ma permette il passaggio di vapore per diffusione , mantenendo quindi il tetto asciutto. Materiali isolanti con alta capacità termica consentono, comportandosi come un volano termico, riduzione degli sbalzi termici in particolare in regime estivo

Isolamento dell'ultimo solaio superiore: soluzione utile quando il sottotetto non viene utilizzato per fini abitativi. In questo caso si posa l'isolante sul piano di calpestio dell'ultimo solaio del sottotetto. Se lo spazio viene utilizzato come deposito meglio utilizzare pannelli di fibra di cellulosa , di legno o minerale, in due strati sovrapposti rinforzati da due orditure incrociate di listelli di legno.

Isolamento di tetti piani: è importante isolare con particolare attenzione allo strato di impermeabilizzazione ed ai punti di convogliamento dell'acqua nei pluviali. Importante è curare l'isolamento in corrispondenza di volumi emergenti.

Eliminazione ponti termici: come per le nuove costruzioni risulta facile migliorare la trasmittanza termica ma difficile eliminare i ponti termici. I ponti termici sono critici sia perchè disperdono molto calore sia perchè le superfici interne raggiungono temperature molto basse con conseguente rischio di condense e muffe. Ad esempio i balconi dovrebbero essere completamente isolati al fine di eliminare l'effetto «aletta di raffreddamento». Idem per le scale esterne. Le nicchie per l'alloggiamento dei termosifoni costituiscono dei punti deboli a causa del minore spessore della muratura , il loro effetto disperdente viene decisamente ridotto con l'applicazione dell'isolamento termico all'esterno delle murature perimetrali. Lo stesso vale per i ponti termici geometrici come gli angoli dell'edificio. Per quanto riguarda lo zoccolo dell'edificio (attacco a terra) occorre invece proseguire con l'isolante al di sotto del piano di calpestio (ultimo solaio riscaldato) vale a dire fin sotto terra. Fra i numerosi dettagli da risolvere con cura ci sono i collegamenti fra il solaio verso lo scantinato e i muri interni o quelli fra le pareti esterne e il tetto. Anche i parapetti dei tetti piani o delle terrazze vanno considerati come ponti termici. E perlomeno impacchettati con materiale coibente.

VALORI TIPICI DI TRASMITTANZA TERMICA U [W/M2/K] ATTUALI E OBIETTIVO

ELEMENTO	U «NORMALE»	U Obiettivo
PARETE DOPPIA CAMERA - SENZA PT	1,4	0,22
PARETE DOPPIA CAMERA - CON PT	1,2	0,22
PARETE PIETRA SPESSORE 40CM- SENZA PT	1,9	0,22
PARETE PIETRA SPESSORE 60CM- SENZA PT	1,5	0,22
PARETE PIETRA SPESSORE 100CM- SENZA PT	1,1	0,22
FINESTRA	5	1,8
TETTO	1,8	0,24

NOTE CONCLUSIVE

Per costruire un edificio che limiti al massimo le dispersioni non è sufficiente un progetto energetico ben eseguito, è necessario che ogni singolo operatore di cantiere abbia ben presente l'importanza delle scelte costruttive applicate, ne condivida l'importanza ed inoltre abbia conoscenza dei materiali, delle loro caratteristiche fisico-chimiche e delle loro applicazioni (analogamente al muratore tradizionale che conosce perfettamente, sebbene empiricamente, le caratteristiche chimico-fisiche di calce, cemento, scagliola, ecc.).

Come nel realizzare una efficace impermeabilizzazione non basta un buon progetto e nella stragrande maggioranza dei casi le problematiche provengono da punti singolari non sufficientemente curati dall'operatore (messicani, risolte difficili, elementi strutturali passanti, ecc.), nel realizzare un efficace coibentazione non basta un buon progetto energetico: le verifiche termografiche dimostrano che le maggiori dispersioni avvengono proprio attraverso punti singolari poco curati che creano i cosiddetti ponti termici.