



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**



Carlo Antonio Stival
via A. Valerio 6/1
34127 Trieste
+390405583489
cstival@units.it

ARGOMENTO

7

17 MARZO 2022

Chiusure verticali

Requisiti e prestazioni connotanti

A. A. 2021-2022

Laboratorio di **Costruzione dell'Architettura**

Corso di **Tecnologie e soluzioni edilizie**

per la sostenibilità ambientale

7.1

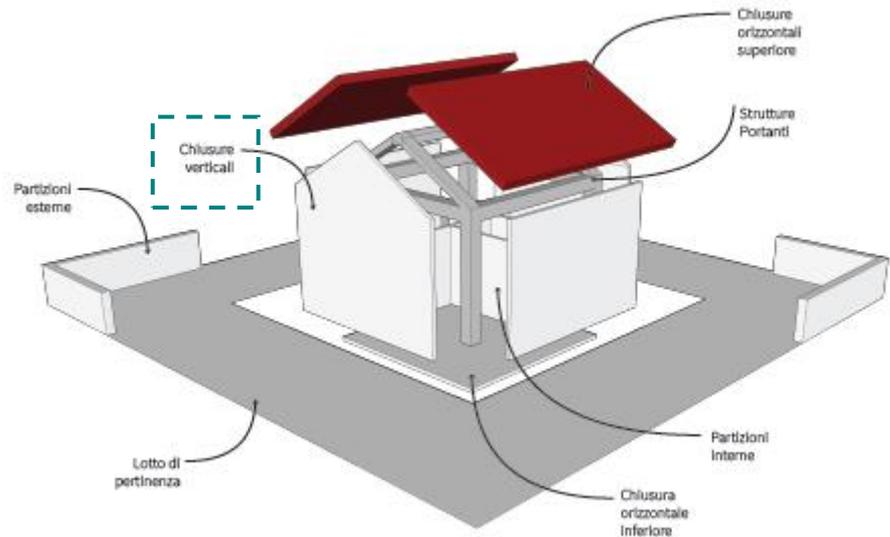
Chiusure verticali opache

Chiusure verticali

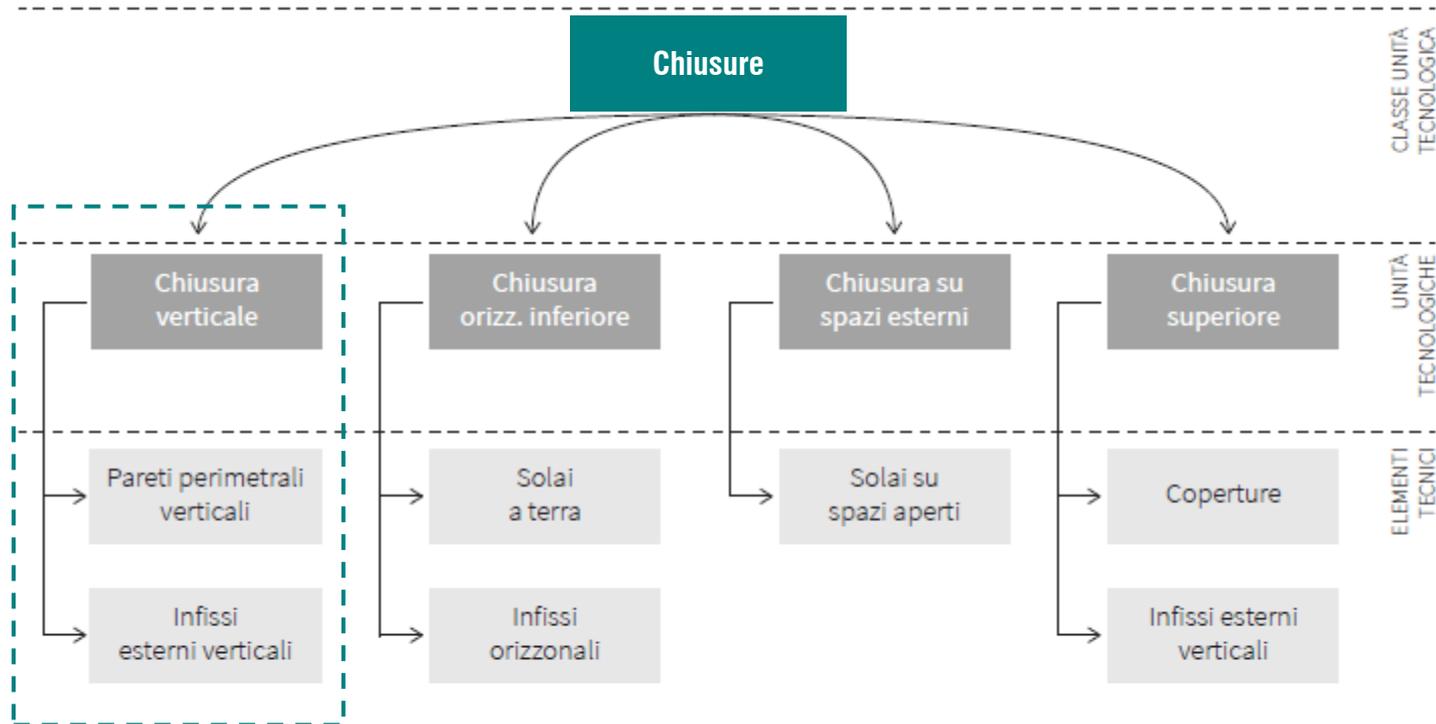
Le **chiusure verticali** rappresentano l'involuppo verticale esterno dell'organismo edilizio, e sono costituite dalle unità tecnologiche e degli elementi del sistema edilizio con funzione di **separare** e **conformare** gli **spazi interni** del sistema rispetto all'esterno.

Le funzioni espletate dalle chiusure verticali sono molteplici:

- la capacità di **sostenere** i **carichi** propri e, per sistemi strutturali scatolari, anche i carichi trasmessi dalla copertura e dagli orizzontamenti;
- il **controllo** degli **agenti atmosferici**; in quanto esposte direttamente all'aria esterna, devono garantire la tenuta all'acqua e all'aria in misura tale da non compromettere il comfort degli ambienti interni;
- il **controllo** degli **agenti termici** ed **igrometrici**;
- la riduzione dell'effetto delle sorgenti di **rumore esterne**;
- l'**attrezzabilità impiantistica** e, più in generale, una **coordinazione** con gli **elementi tecnologici**.



Chiusure verticali



- Struttura in genere pressoinflessa, esposta a carichi verticali e all'azione eolica
- Costituita da elemento portante (*) con frequente funzione di massa termica
- Caratterizzata da requisiti di tenuta / controllo ad agenti esterni

Requisiti tecnologici

L'individuazione dei **requisiti tecnologici** passa attraverso l'analisi delle **esigenze** stesse, confrontate con i **sistemi di agenti**, ossia l'insieme di **fattori ambientali** ed **economici** che interessano gli edifici.

La norma **UNI 8290** non indica tutti i requisiti possibili, bensì quelli principali che si possono attribuire ad un sistema tecnologico dell'**edilizia civile**.

L'elenco dei requisiti è suscettibile di espansione o **variazione nel tempo**.

I requisiti sono definiti in forma **linguistica**, descrittiva, e non sono associati ad una **unità di misura**: questa è introdotta con i **parametri** (specifiche di prestazione e specificazioni di prestazione) che permettono di quantificare il requisito rispetto a variabili e attributi che permettono di definire gli obiettivi di qualità e il loro eventuale raggiungimento.

Un determinato

OGGETTO EDILIZIO

sotto l'azione di

AGENTI

nelle

CONDIZIONI D'USO

deve soddisfare

REQUISITI SPECIFICI

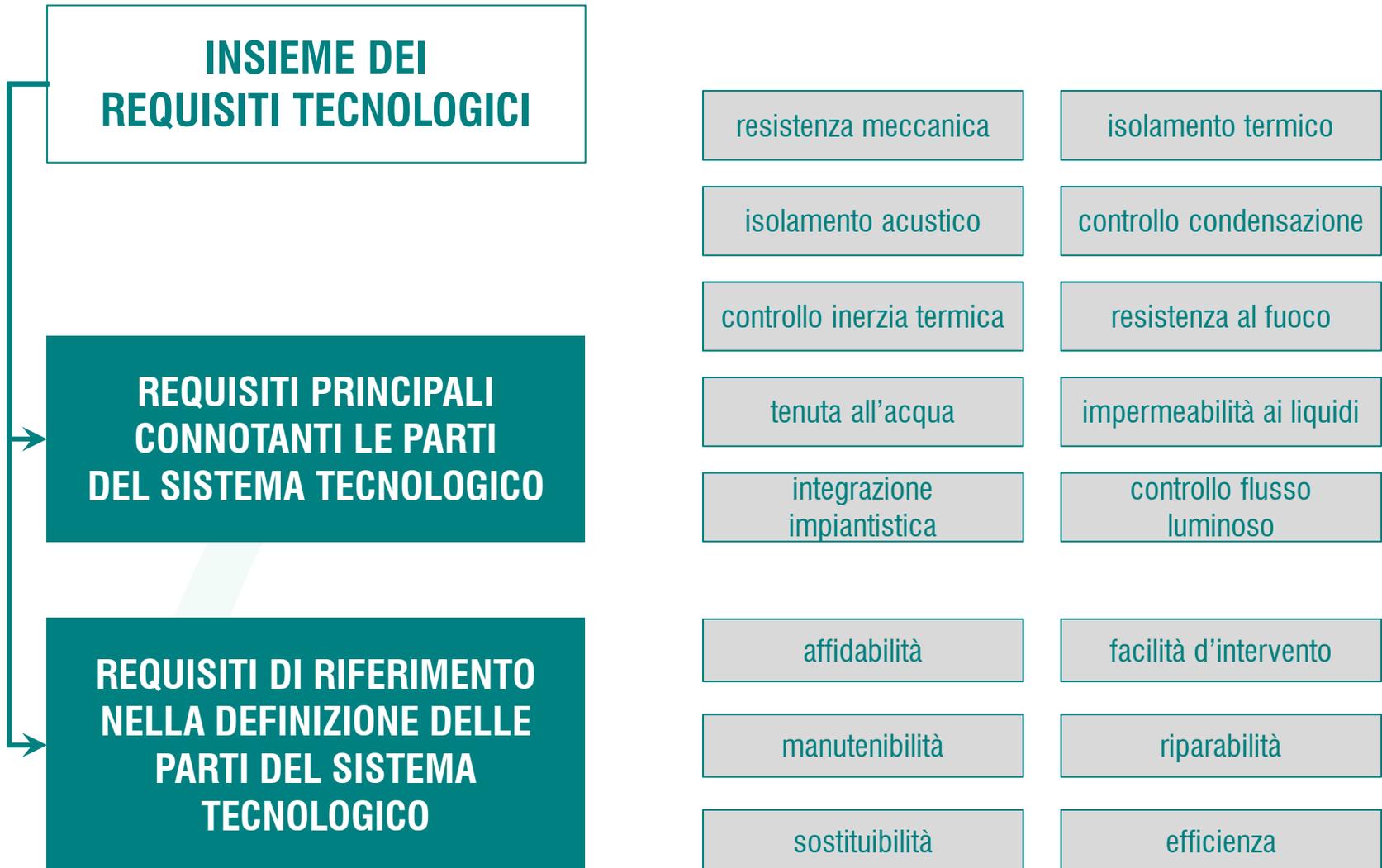
per rispondere a

ESIGENZE

Requisiti tecnologici



Requisiti tecnologici



Requisiti tecnologici per chiusure verticali

IMPERMEABILITÀ ALL'ACQUA

TENUTA ALL'ACQUA

TENUTA ALLA NEVE

TENUTA ALL'ARIA

RESISTENZA AL GELO

RESISTENZA MECCANICA

RESISTENZA AL FUOCO

AFFIDABILITÀ

FACILITÀ D'INTERVENTO

MANUTENIBILITÀ

RIPARABILITÀ

SOSTITUIBILITÀ

NON NOCIVITÀ

EFFICIENZA

Requisiti tecnologici per chiusure verticali

CONTROLLO DEL FLUSSO LUMINOSO

CONTROLLO INERZIA TERMICA

CONTROLLO DISPERSIONI

CONTROLLO CONDENSAZIONE

ISOLAMENTO TERMICO

ATTITUDINE INTEGR. IMPIANTISTICA

RESISTENZA ALLE INTRUSIONI

RESISTENZA AD AGENTI AGGRESSIVI

CONTROLLO ENERGETICO

ATTREZZABILITÀ

IMPERMEABILITÀ AGLI AERIFORMI

SOSTENIBILITÀ

ASETTICITÀ

ASSENZA DI ODORI SGRADREVOLI

Requisiti tecnologici per chiusure verticali

**RESISTENZA
MECCANICA**



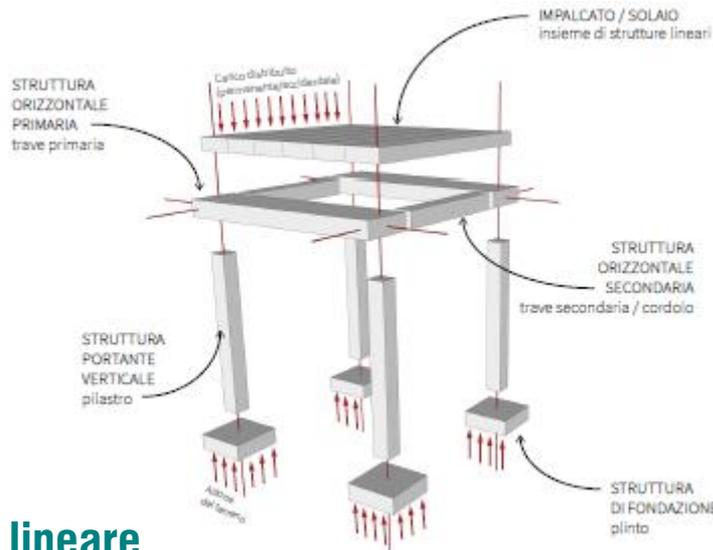
**STRATO
PORTANTE**

Si fa riferimento innanzitutto alla funzione portante che la chiusura può assumere, in dipendenza dallo schema funzionale delle strutture portanti.

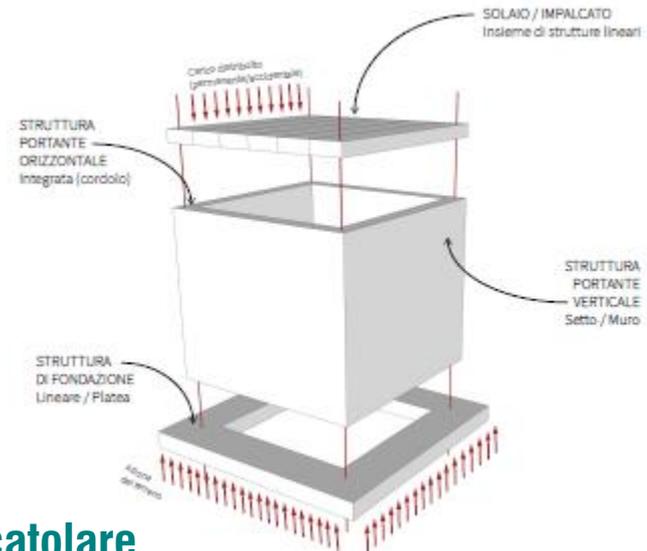
Si richiede alle chiusure verticali di sopportare le sollecitazioni derivanti dal carico dovuto a:

1. peso proprio;
2. peso proprio degli elementi strutturali sovrastanti (carichi permanenti non strutturali);
3. carichi permanenti non strutturali;
4. carichi di servizio (o carichi variabili),

senza deformazioni o insorgenza di stati tensionali tali da pregiudicarne la stabilità, la sicurezza, la funzionalità nel tempo, anche in riferimento al comportamento statico globale dell'edificio.



lineare



scatolare

Requisiti tecnologici per chiusure verticali

**RESISTENZA
AL VENTO**

**STRATO
PORTANTE**

**STRATO
DI TENUTA**

**STRATO
DI PROTEZIONE**

Le chiusure verticali devono sopportare le sollecitazioni derivanti da una differenza di pressione d'aria fra interno ed esterno, generata dai flussi d'aria che insistono sull'edificio, senza presentare stati di tensione eccessivi o anomali, deformazioni permanenti oppure sfondamenti.



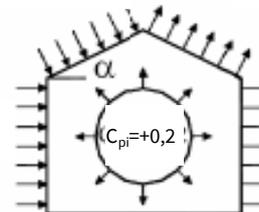
Costruzioni aventi una parete con aperture di superficie minore di 1/3 della superficie totale

$$C_{pe} = +0,03 \cdot \alpha - 1$$

$$C_{pe} = -0,4$$

$$C_{pe} = +0,8$$

$$C_{pe} = -0,4$$



Requisiti tecnologici per chiusure verticali

RESISTENZA AGLI URTI

Le pareti perimetrali verticali devono sopportare le sollecitazioni derivanti da urti che possono prodursi durante l'uso, sia sulla faccia interna che sulla faccia esterna della parete.

RESISTENZA AL FUOCO

Le pareti perimetrali devono impedire la propagazione di un incendio sia interno sia proveniente da fabbricati o aree circostanti secondo le prescrizioni di specifiche normative di settore.

REAZIONE AL FUOCO

Le pareti perimetrali permettere di controllare, o minimizzare, la partecipazione dei materiali costituenti ai processi di combustione, che possono interessare tutti gli strati funzionali.

**STRATO
PORTANTE**

**STRATO
DI PROTEZIONE**

**STRATO
DI RIVESTIMENTO**

Requisiti tecnologici per chiusure verticali

ISOLAMENTO TERMICO

Le chiusure verticali, attraverso il contributo di tutti gli strati funzionali che le definiscono, devono resistere al passaggio del calore al fine di contenere i consumi energetici, così da assicurare il benessere termico globale.

INERZIA TERMICA

Si identifica con questa definizione la capacità del subsistema di attenuare, con il contributo di tutti gli strati massivi entro opportuni valori l'ampiezza di oscillazione della temperatura interna, ritardando l'effetto di surriscaldamento derivante dalla radiazione solare.



Requisiti tecnologici per chiusure verticali

CONTROLLO CONDENSAZIONE SUPERFICIALE

Si intende la capacità della chiusura di evitare la formazione di condensa sulle superfici interne. Il requisito è particolarmente importante per pareti di ridotta inerzia termica, poco isolate e caratterizzate da temperature basse sulle superfici interne.

CONTROLLO CONDENSAZIONE INTERSTIZIALE

Si intende la capacità della chiusura di evitare la formazione di condensa all'interno della chiusura stessa. Ai fini del soddisfacimento del requisito va dunque valutato l'andamento di temperature e pressioni all'interno delle pareti; sono dunque interessate dal presente requisito le pareti pluristrato.



Requisiti tecnologici per chiusure verticali

IDROPELLENZA

TENUTA ALL'ACQUA

RESISTENZA AGLI SHOCK TERMICI

Si fa riferimento all'attitudine della chiusura a non essere penetrata da liquidi, in particolare dall'acqua meteorica, che possono produrre danneggiamenti agli strati funzionali non idrofili, variazioni di aspetto, o comunque alterazioni alle prestazioni dei materiali impiegati.

Si intende la capacità della parete di resistere agli shock termici derivanti dal clima esterno e, conseguentemente, a sopportare le sollecitazioni prodotte sotto l'effetto della temperatura, dell'irraggiamento solare, del gelo e del disgelo.



STRATO DI TENUTA ALL'ACQUA



STRATO PORTANTE



STRATO DI RIVESTIMENTO

Requisiti tecnologici per chiusure verticali

ATTITUDINE ALL'INTEGRAZIONE

Capacità della parete di contenere componenti o elementi impiantistici, mediante incorporamento o fissaggio.
Capacità della parete e degli strati funzionali che lo compongono di sopportare i carichi sospesi sulle superfici interna ed esterna.



ISOLAMENTO ACUSTICO

Capacità delle pareti perimetrali verticali di isolare acusticamente gli ambienti interni dagli effetti sonori generati dalle sorgenti esterne, in modo da attenuarne la propagazione attraverso la parete stessa.



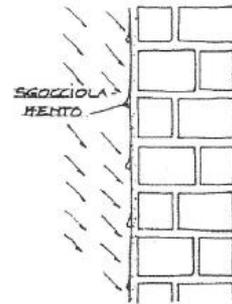
Tenuta all'acqua

Le più diffuse tipologie di strato di finitura di chiusure verticali sono:

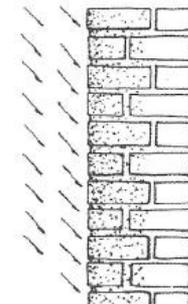
- **rivestimenti faccia a vista** in pietra o in laterizio;
- **finitura** ad intonaco civile tintecciato;
- **rivestimenti** con altri materiali, quali **ceramica**, **cotto**, **metallo**.

La scelta della finitura esterna deriva innanzitutto da scelte tecnologiche, architettoniche e gestionali: il principale aspetto da considerare nella concezione di una chiusura verticale è il rapporto prestazionale con gli agenti **acqua** e **vapore**, in modo da evitare il **deposito** di **acqua** di condensa o meteorica all'interno della parete, che comporta un **deterioramento** tanto più rapido in presenza di agenti aggressivi e inquinanti, e di conseguenza anticipate spese di manutenzione.

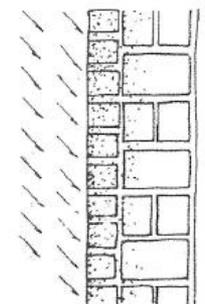
Particolarmente curata deve essere la zona di parete immediatamente al di sopra del piano campagna, in quanto interessata dal rimbalzo dell'acqua meteorica sul terreno: di qui l'adozione di **basamenti** e **zoccolature**.



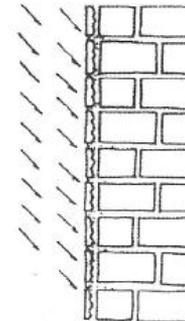
Parete con intonaco poco poroso



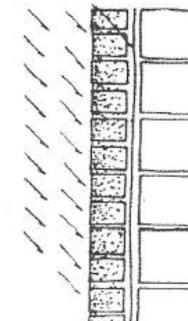
Parete con elementi a vista ammorati



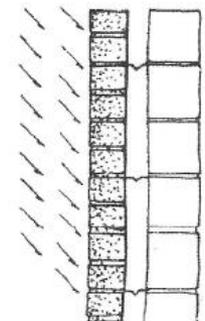
Parete con elementi a vista non ammorati



Parete con rivestimento ceramico



Parete con elementi a vista e barriera



Doppia parete con elementi a vista

Controllo della condensazione

Il principale agente degradante che interessa l'involucro edilizio è il **vapore acqueo**, soggetto a **trasporto** attraverso le chiusure opache in **condizioni variabili** con il clima del sito e con le stagioni. Si parla quindi di comportamento igrometrico dell'involucro edilizio o, considerando la dipendenza dei fenomeni di trasporto di vapore dalle temperature che interessano l'elemento di involucro, di **comportamento termo-igrometrico**.

Le prestazioni tecnologiche offerte per contrastare l'agente degradante vapore acqueo possono rientrare in tre diverse classi di esigenze:

- **benessere** e **salute** dell'utente, in quanto l'involucro edilizio si configura come **pelle modulante** per le condizioni climatiche esterne; una prestazione non adeguata di controllo della condensazione all'involucro può portare a fenomeni forieri di **condizioni insalubri** di **qualità dell'aria interna**;

- l'**utilizzo razionale** dei **materiali** da **costruzione**, intendendo tali prestazioni volte a garantire il **mantenimento nel tempo** dell'**efficienza** dell'involucro edilizio;
- l'aspetto, in quanto a questi stessi fenomeni sono associate **degradazioni dell'aspetto** degli elementi tecnici interessati, con una conseguente decadenza della qualità visiva.

La problematica è ampiamente strutturata all'interno della normativa sull'efficienza energetica negli edifici. Si richiede di verificare l'**assenza** di **condensazioni superficiali** e **interstiziali** sugli elementi d'involucro edilizio e sulle partizioni che dividono ambienti riscaldati da vani non riscaldati, per interventi di nuova costruzione e di ristrutturazione di edifici esistenti, in accordo con la normativa tecnica di riferimento, la UNI EN ISO 13788:2013.

Controllo della condensazione

La formazione di **condensa** da vapore acqueo contenuto nell'aria ambiente si può manifestare:

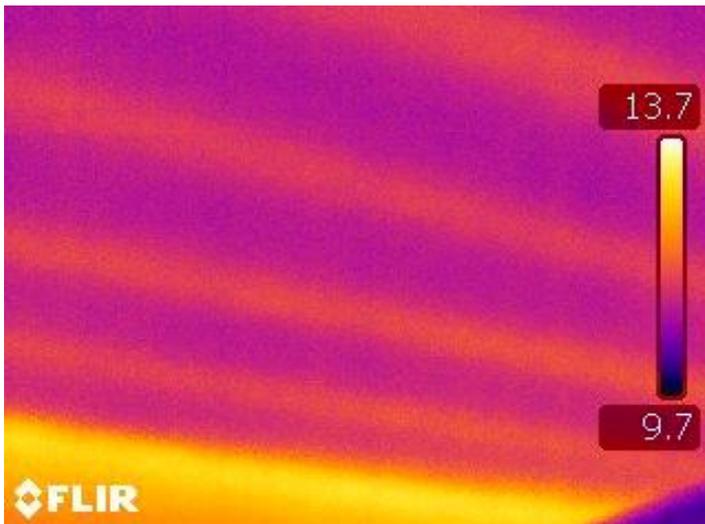
- sulle **superfici interne** degli **elementi d'involucro** (condensa superficiale), che comporta il **deterioramento** delle **finiture** interne;
- **all'interno** delle stesse strutture (**condensa interstiziale**), che porta allo stazionamento del vapore acqueo in una delle interfacce determinando una **riduzione della durata prestazionale di uno o più strati** costituenti la soluzione tecnologica, più frequentemente lo strato **termoisolante**.

Le condizioni più frequenti che portano a insorgere fenomeni di condensa sono l'**insufficiente ventilazione** degli ambienti confinati, un **grado di isolamento termico basso** (ivi compresi i ponti termici, in cui si manifestano le temperature superficiali più basse) e, infine, il **non adeguato posizionamento** dello strato di **isolamento termico** all'interno della stratigrafia degli elementi di involucro.

Condensa superficiale in corrispondenza del ponte termico



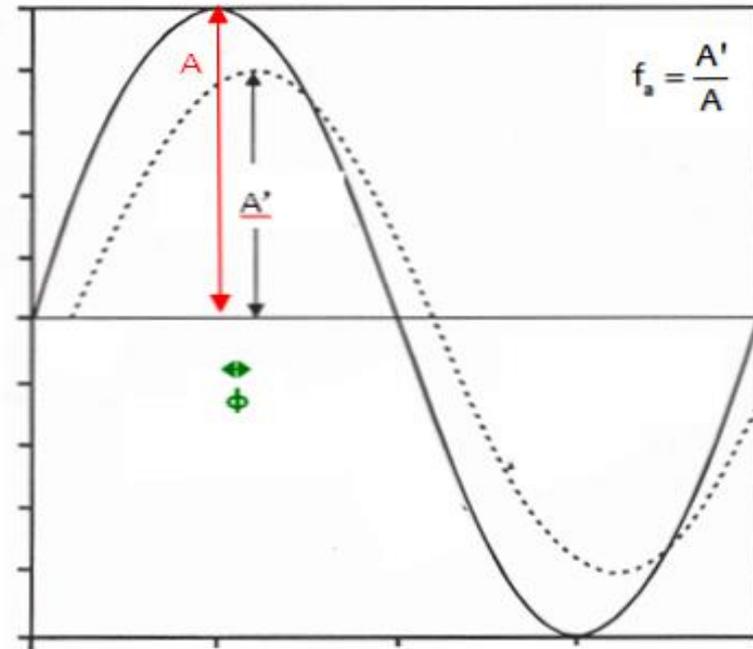
Controllo della condensazione



Inerzia termica

Un ottimale comportamento termico di una chiusura perimetrale è garantito, oltre che da un congruo livello di isolamento termico, anche da una adeguata **inerzia termica** della chiusura opaca stessa; i parametri che definiscono la trasmittanza termica degli elementi tecnici d'involucro non sono sufficienti a definirne le prestazioni termiche estive. Si richiedono dunque materiali e tecnologie ad **elevata capacità termica** e di congruo **spessore e peso specifico**.

L'adozione di un'adeguata stratigrafia delle chiusure perimetrali permette quindi di ottenere condizioni ottimali di **comfort** negli **ambienti interni** durante la stagione estiva, il periodo dell'anno più importante per la valutazione dell'inerzia termica di una chiusura: è possibile infatti ridurre il fenomeno di surriscaldamento dell'aria negli ambienti confinati **diminuendo**, di conseguenza, il **carico termico** gravante sull'impianto di condizionamento.



Rappresentazione dell'attenuazione e dello sfasamento dell'onda termica. La curva continua rappresenta l'andamento della temperatura superficiale nel tempo, quella tratteggiata l'andamento della temperatura in un punto interno della parete

Inerzia termica

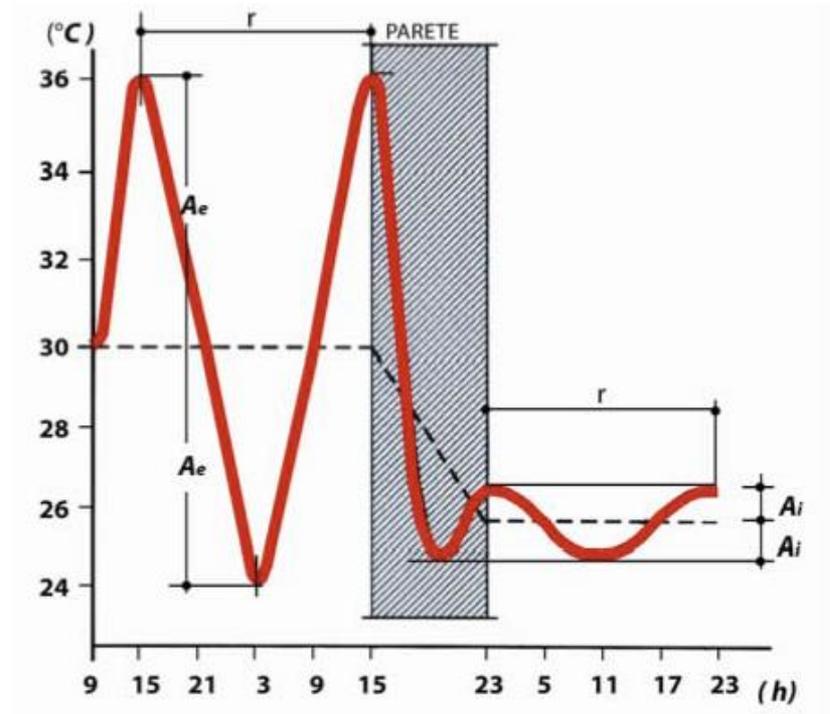
Per diminuire la velocità **a** di diffusione del calore all'interno di un elemento tecnico, è opportuno quindi:

- optare per materiali componenti dalla **ridotta conducibilità termica** λ ;
- scegliere materiali dotati di elevato **peso specifico** o di **capacità termica elevata** (materiali ad elevato accumulo).

L'inerzia termica di un elemento tecnico definisce allora la capacità dell'elemento di **sfasare** nel **tempo** ed **attenuare** i **picchi** dell'onda termica esterna. Dal punto di vista fisico, l'elemento tecnico manifesta quindi una propensione più o meno spiccata ad **accumulare** il **calore** e a cederlo allo spazio confinato che delimita.

Il positivo soddisfacimento di questo aspetto non può quindi essere garantito da uno strato costituito da un solo materiale, ma deve risultare dalla **soluzione tecnologica** di chiusura complessivamente adottata, in cui diversi strati funzionali concorrono sinergicamente a definirne il comportamento.

$$a^2 = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$$



7.2

Schemi funzionali

Schemi funzionali

Sono i **requisiti connotanti** a definire le peculiarità tecnologiche delle chiusure verticali; le risposte in termini **fisici** e **progettuali** ai requisiti connotanti si sviluppano con l'individuazione di **schemi funzionali**, individuati per **modelli di comportamento** e, di conseguenza, per **strati funzionali**.

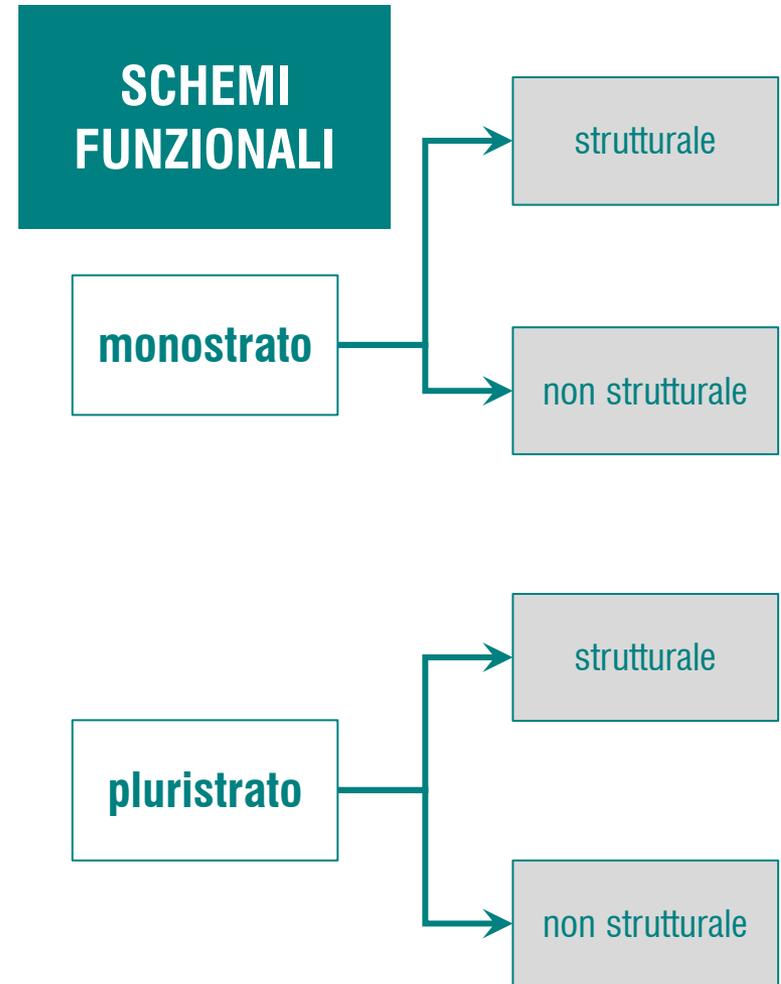
Al singolo strato funzionale (elemento tecnico, componente) corrisponde l'**espletamento** di **almeno una funzione**, nel livello di definizione corrispondente alla **soluzione conforme**.

La definizione dello strato funzionale individua la natura comportamentale dell'elemento tecnico, che viene definito compiutamente in una **soluzione tecnologica**.

La suddivisione in schemi funzionali delle pareti verticali avviene considerando:

- gli strati funzionali che definiscono la chiusura;
- il rapporto con i **carichi** trasmessi dalle strutture.

Rispetto al secondo punto, si parla di pareti perimetrali **portanti**, o di pareti **portate** / di **tamponamento**.



Schemi funzionali

