

Materiali per l'architettura (6CFU)

Prof. Alberto De Capua, coll. Arch. Valeria Ciulla



MpA 6 Struttura e qualità dei materiali da costruzione

LA QUALITÀ DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE

In un linguaggio non troppo specializzato, la locuzione “*qualità del materiale*” può indicare molte cose: elevata resistenza, geometria e dimensioni precise, durata, buon isolamento, aspetto gradevole ...

Generalmente per “qualità” si intende “*buona qualità*” e, contemporaneamente, si pensa ad un “*costo elevato*”.

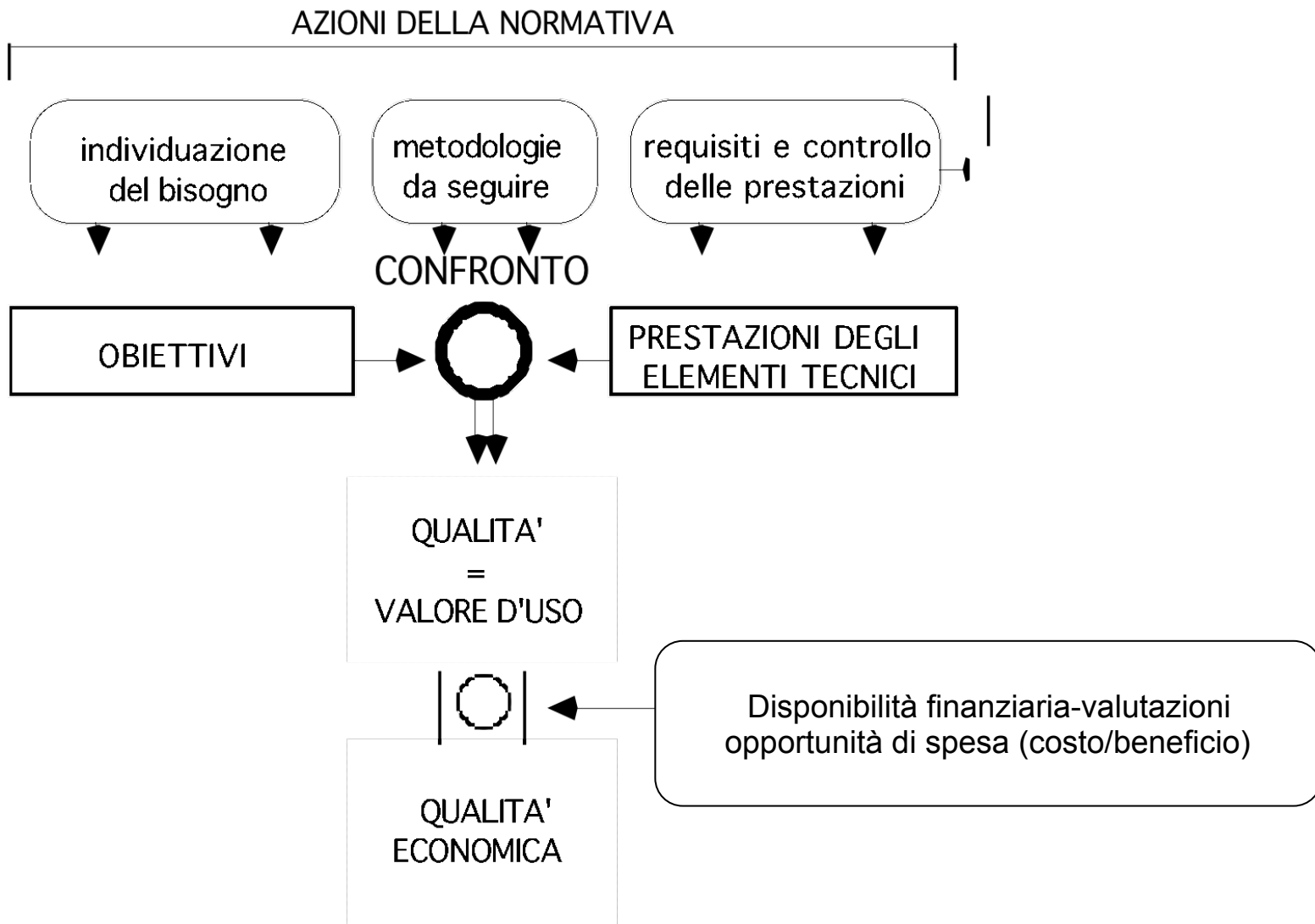
In realtà, questi aspetti riguardano le “*proprietà*” di un prodotto e per avere un’ idea corretta di qualità occorre che queste proprietà siano considerate nell’ ottica dell’ **uso al quale il prodotto è destinato**.

Qualità è l’ attitudine all’ impiego, il rapporto tra l’ obiettivo d’ uso e la prestazione dell’ elemento materiale.

Un concetto che coincide con quello di “scelta appropriata” e di giusto impiego dei materiali.

Occorre distinguere la “*qualità astratta*” dalla “*qualità economica*”.

AZIONI DELLA NORMATIVA



Determinazione e controllo della qualità dei materiali

Per realizzare o controllare la “qualità” occorre un **apparato normativo**, cioè un insieme strutturato di norme, “*convenzioni*” tra produttori e consumatori.

...ovvero *documenti* che contengono la definizione e le caratteristiche di un materiale, con i massimi e i minimi di tolleranza e l’indicazione dei metodi (prove) da seguire nella determinazione delle caratteristiche stesse.

Tali convenzioni, prodotte e approvate da autorità riconosciute contengono:

- le specifiche delle condizioni che il materiale deve soddisfare e i relativi metodi che stabiliscono se le richieste sono soddisfatte;
- le denominazioni dei prodotti e dei processi produttivi; condizioni “unificative” per rendere i prodotti compatibili tra loro e confrontabili.

Organismi normatori:

- UNI (Ente Italiano di Unificazione)
- ISO (International Standardization Organization)
- CEN (Comité Européen de Normalisation)
- CIB (Conseil International du Batiment)
- IEC (International Electrotechnical Committee), ecc.

Caratteristiche dei materiali e prove fisico-chimiche

Per la verifica delle caratteristiche dei materiali, la normativa impone, fra l'altro e a seconda dei casi, prove chimiche, fisiche e meccaniche.

- **Verifiche fisiche:** peso, conduttività termica, punto di fusione ecc.
- **Verifiche meccaniche:** modo di reagire alle sollecitazioni.

Le verifiche meccaniche possono avvenire utilizzando:

- **PROVE STATICHE** (sollecitazioni gradualmente crescenti) carico unitario o chilogrammo. Forza - Kg/mm² o kg/cm², oppure in Newton dove 1kgf = 9,81N)
- **PROVE DINAMICHE** (sollecitazioni brusche) in “lavoro assorbito”, chilogrammetri kgm o kgm/cm², o Joule dove J=9,81 kgm)
- **PROVE DI FATICA** (sollecitazioni cicliche)

Caratteristiche dei materiali o indicatori tecnici

Gli elementi che, direttamente o indirettamente, determinano la “qualità” del materiale sono:

- *Caratteri primari*
- *Caratteristiche fisiche*
- *Caratteristiche meccaniche*
- *Caratteristiche tecniche e tecnologiche*

Caratteri primari

- *composizione*: natura chimica del materiale
- *costituzione*: genesi del materiale, come si è formato geologicamente
- *struttura*: composizione dei componenti (percentuale e modo)
- *colore*: presenza di pigmenti (aspetto, che varia nel tempo)

Caratteristiche fisiche

PESO O DENSITA' - $P = \text{g/cm}^3$ o kg/m^3

E' il peso dell' unità di volume considerato allo stato di integrità (condiziona il progetto delle strutture e i costi di trasporto).

Si dice anche “**peso specifico apparente**” per distinguerlo dal “**peso specifico reale**”, che definisce la “densità assoluta” del materiale, cioè il peso del volume senza i vuoti.

Il rapporto tra questi due “pesi” determina la COMPATTEZZA del materiale che, di solito, è indicativa della sua resistenza meccanica.

Alcuni valori di P:

- legno: da 0,51 a 1,01 g/cm³
- laterizi pieni: da 1,60 a 1,80 g/cm³
- calcestruzzo: da 2,10 a 2,50 g/cm³
- acciaio: da 7,50 a 8,10 g/cm³

IMBIBIZIONE, $g = (G_m - G) / G$

G = peso del provino asciutto

G_m = peso del provino saturo d' acqua

Capacità di lasciarsi penetrare dai liquidi e trattenerli

- marmo di Carrara, $g = 0,001$

- arenaria, $g = 0,015$

- tufo vulcanico, $g = 0,274$

ASSORBIMENTO O IGROSCOPICITA'

Capacità di assorbire liquidi per capillarità; dipende dalla porosità.

PERMEABILITA'

Proprietà di lasciarsi attraversare o no dai liquidi; può dipendere sia dalla porosità che da sottilissime fessurazioni (“cavilli” o peli”)

DILATABILITA' TERMICA

E' la proprietà che hanno i materiali di aumentare le proprie dimensioni se si aumenta la temperatura.

Il "coefficiente di dilatazione termica" è particolarmente alto nei metalli e nei polimeri organici.

$$\alpha = \Delta L / L \Delta t$$

L = lunghezza del campione

ΔL = aumento di lunghezza

Δt = innalzamento della temperatura

- legno (parallelamente alle fibre) $\alpha = 0,000006-0,000003$;
- legno (perpendicolarmente alle fibre) $\alpha = 0,000055-0,000035$
- laterizi $\alpha = 0,000006$
- calcestruzzo $\alpha = 0,000012$
- acciaio $\alpha = 0,000012$
- alluminio $\alpha = 0,000024$

CONDUTTIVITA' TERMICA

E' la proprietà che hanno i materiali di lasciarsi attraversare dal calore, dipende dalla densità e anche dal grado di umidità.

$$Q = \lambda (t_2 - t_1) S h / s \quad \lambda = \text{coefficiente di conduttività termica}$$

Q = quantità di flusso termico

ponendo $(t_2 - t_1)$, S, h, s, = 1

$$Q = \lambda$$

(espresso in "calorie" o in Joule o in Watt) .

- legno $\lambda = 0,08-0,15$
- laterizi pieni $\lambda = 0,57-0,72$
- laterizi forati $\lambda = 0,15-0,64$
- calcestruzzo $\lambda = 0,70-1,20$
- acciaio $\lambda = 10,00-52,00$
- alluminio $\lambda = 178,00$

Il suo inverso rappresenta la **resistenza termica** del materiale.

RESISTENZA ACUSTICA

E' la proprietà dei materiali di impedire la propagazione del suono. Definibile come il prodotto della densità del materiale per la *velocità di propagazione* che è massima nei solidi e nei liquidi, bassa nei gas. Quindi l'isolamento si realizza con materiali pesanti e con porosità chiuse e poco voluminose.

ASSORBIMENTO ACUSTICO

E' la capacità di un materiale di assorbire una quota di pressione sonora, contribuendo ad una distribuzione omogenea e diffusa del suono nell'ambiente. Influisce sulla qualità di ascolto del suono. Dipende dal volume d'aria contenuto nel materiale e dalla struttura a cavità chiusa o aperta delle porosità.

Caratteristiche meccaniche

Tra le cose basilari che vengono richieste al materiale da costruzione c'è quella di resistere a sollecitazioni meccaniche.

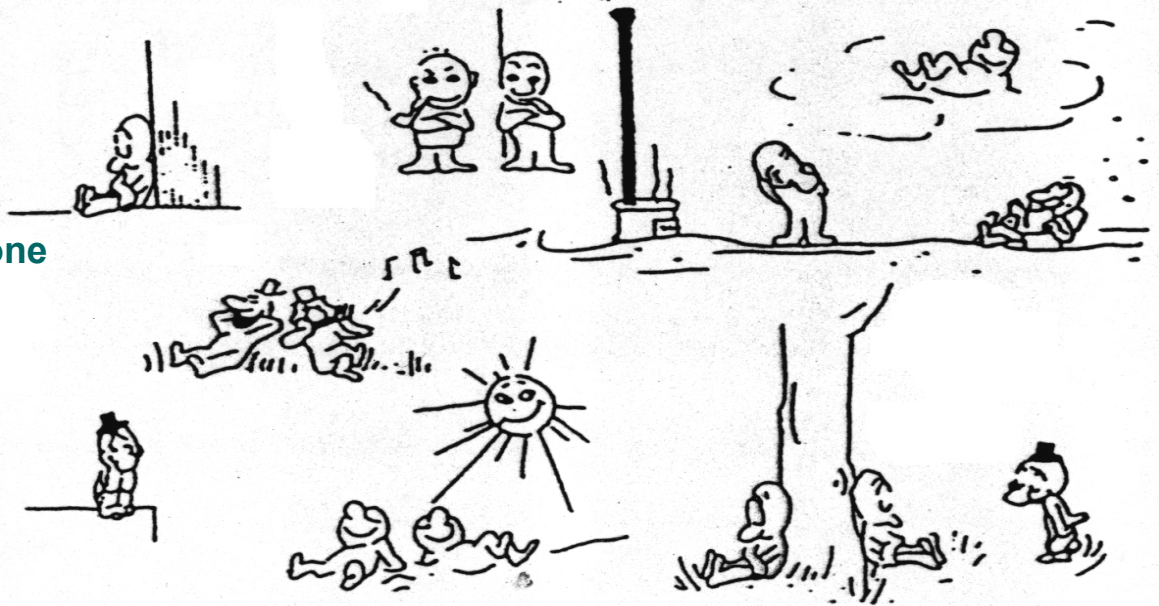
Il problema fu posto in termini scientifici e di calcolo con la nascita della Scienza delle costruzioni nel secolo XIX; ma le prime riflessioni sul concetto di resistenza furono poste molto tempo prima, dai fisici Galileo Galilei (1564-1642), Christopher Wren (1632-1723) e Robert Hooke (1635-1703) e soprattutto da Isaac Newton (1642-1727), grazie al quale si capì che quando si verifica qualche sollecitazione su un corpo questo reagisce: ***azione e reazione sono sempre uguali e contrarie.***

Questo fenomeno si spiega ed è osservabile ai raggi X.

La struttura dei materiali appare formata da atomi, più o meno ordinati, tenuti insieme da legami chimici. Questi legami sono rappresentabili come “molle elettriche”. Se il materiale non è sollecitato le molle sono “scariche”.

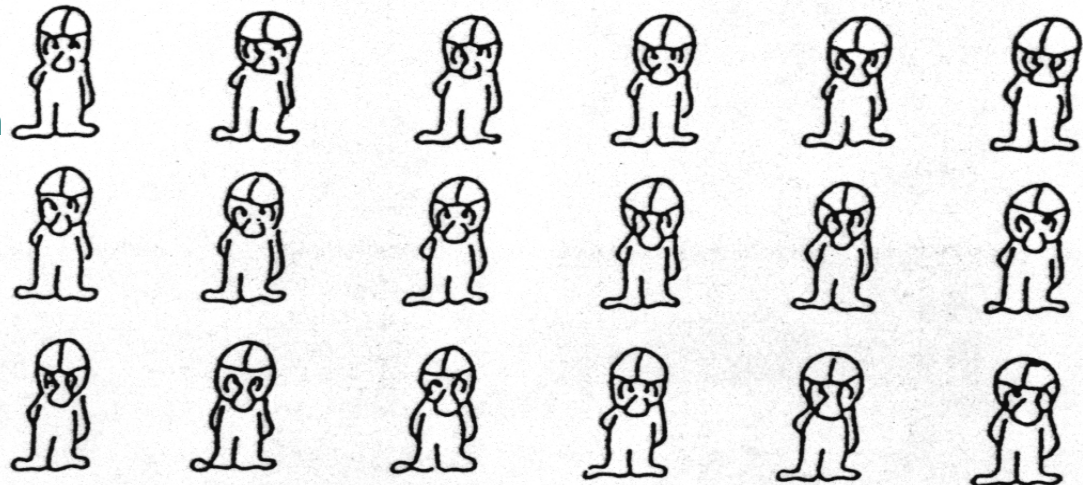
Ogni tentativo di avvicinare gli atomi (compressione) o di allontanarli (trazione) comporta un accorciamento o un allungamento delle molle. Sospendendo la sollecitazione il sistema atomi-legami riprende la sua configurazione iniziale: la struttura è “conservativa”.

I corpi solidi possono essere:



➔ Amorfi quando la disposizione è disordinata

➔ Cristallini se le loro particelle sono disposte stabilmente e con regolarità nello spazio



Non esistono materiali del tutto rigidi, la **deformazione** anche se impercettibile c'è sempre ed è prodotta da forze che vincono la loro “coesione” fino a determinarne la rottura.

Nei **cristalli** la rottura avviene quando i legami si spezzano. Ciò richiede molta energia.

Nei **polimeri termoplastici** i legami coesivi sono invece più deboli, quindi, anche le forze che producono deformazioni e rottura sono minori.

Si può quindi dire che conoscendo il numero degli atomi ed il valore dei legami di coesione è possibile calcolare la resistenza di un materiale.

Nella pratica, le sollecitazioni che determinano la rottura sono minori (da 10 a 100 volte) la ragione è nei difetti presenti nei materiali: “inclusioni” (impurità) o “dislocazioni” (difetti strutturali).

Azioni e deformazioni



Ai fini di valutare la resistenza di un materiale occorre introdurre il concetto di **CARICO UNITARIO** – carico che insiste sull'unità di superficie

$$s = P/A \quad P = \text{carico totale} \\ A = \text{superficie su cui insiste } P$$

esempio 1: salgo con il mio peso di Kg 80 su un mattone appoggiato a terra sulla sua superficie piccola cm 5,5 x 12 = cmq 66 avrò:

$$s = 80/66 = 1,21 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (carico unitario)}$$

esempio 2: sul pilastro di un ponte in mattoni con sezione cm 400 x 200 = 80.000 cmq si è fermata una locomotiva di 100.000 Kg, avrò:

$$s = 100.000/80.000 = 1,25 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (carico unitario)}$$

Sostanzialmente lo stesso carico unitario: se è sicura la prima struttura, lo è la seconda.



Il ragionamento è identico per la **DEFORMAZIONE UNITARIA** che rappresenta l'*allungamento o accorciamento sotto carico per l'unità di lunghezza* :

$$e = l/L \quad l = \text{allungamento o accorciamento} \\ L = \text{lunghezza originaria}$$

Ciò significa che se una barra di 3 m si allunga di 3 cm si ha

$$e = 3/300 = 0,01 \text{ o } 1\%$$

analogamente alla deformazione di una barra di 1 m che si allunga di 1 cm

Legge di Hooke

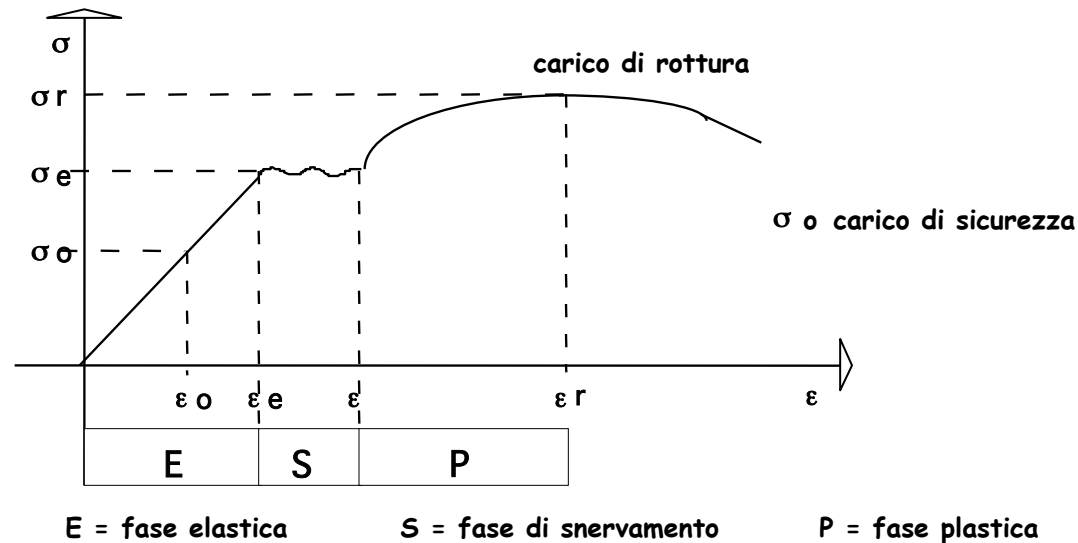
Il carico applicato ad un corpo è proporzionale alla deformazione indotta.

Esempio: se un filo metallico, sottoposto ad un carico di 100 kg, si allunga di 1 cm, sotto uno di 200 kg si allungherà di 2 cm.

Nella realtà, ciò è vero solo in parte: per deformazioni molto grandi lo sforzo è tutt'altro che proporzionale all'allungamento.

Per piccole deformazioni il processo è reversibile (comportamento elastico); oltre certi valori, è irreversibile (comportamento plastico).

Il rapporto tra il variare di σ e quello di ϵ è dato dal diagramma di Hooke



La resistenza meccanica è la capacità di sopportare le tensioni interne prodotte da forze esterne:

- trazione
- compressione
- flessione (compressione + trazione)
- taglio
- torsione

Per ogni materiale è possibile determinare il **CARICO DI ROTTURA**, dato dal rapporto tra il carico corrispondente al punto di rottura nel diagramma di Hooke e il valore della sezione del materiale nello stesso istante.

Nel progetto della struttura, si tiene conto del **CARICO DI SICUREZZA**, che è una frazione del carico di rottura e che definisce la sollecitazione massima che garantisce il non verificarsi di deformazioni irreversibili.

Questo numero di frazione esprime il **GRADO DI SICUREZZA "K"**, che varia al variare del materiale.

- | | |
|--------------------------------|---------------|
| - acciaio | $K = 1,5-2,3$ |
| - legno | $K = 4-6$ |
| - materiali lapidei e laterizi | $K = 8-15$ |

Tra le caratteristiche meccaniche, oltre alle resistenze citate con normali finalità strutturali, occorre ricordare:

DUREZZA o capacità di resistere ad azioni che tendono ad intaccarlo (taglio, abrasione, incisione, penetrazione, ecc.).

RESILIENZA o energia che un materiale può assorbire se sottoposto ad un urto, senza giungere a rottura.

RESISTENZA A FATICA riguarda i casi in cui un corpo viene sollecitato in modo ciclico con carichi minimi e carichi elevati che provocano “affaticamento”, riducendone notevolmente il carico di rottura.

Le caratteristiche fin qui descritte prevedono prove di verifica sostanzialmente “distruttive”. Oggi si conoscono e si praticano altre prove che forniscono informazioni altrettanto attendibili senza menomare il materiale (raggi X, ultrasuoni, procedimenti magnetoscopici, ecc.).

CARATTERISTICHE TECNICHE E TECNOLOGICHE

Rapporto tra le caratteristiche intrinseche dei materiali e le "esigenze" (normativa della qualità)
Classi di esigenze (UNI 0050)

Sicurezza	Stabilità	<ul style="list-style-type: none">• Resistenza meccanica alle azioni statiche• Resistenza alle azioni dinamiche
	Sicurezza al fuoco	<ul style="list-style-type: none">• Resistenza reale• Assenza di emissione di sostanze nocive
	Sicurezza d'uso	<ul style="list-style-type: none">• Controllo della scabrosità• Antisdrucchiolevolezza• Comodità d'uso e di manovra
Benessere	Igrotermici	<ul style="list-style-type: none">• Controllo del fattore solare• Impermeabilità ai liquidi• Controllo dell'inerzia termica• Tenuta all'aria
	Acustici	<ul style="list-style-type: none">• Assorbimento acustico• Isolamento acustico
	Visivi	<ul style="list-style-type: none">• Assorbimento luminoso• Controllo dei fenomeni di abbagliamento
	Olfattivi	<ul style="list-style-type: none">• Assenza di emissione di odori• Impermeabilità ai fluidi aerei• Tenuta alle polveri
	Tattili	<ul style="list-style-type: none">• Controllo della scabrosità
Fruibilità	Attrezzabilità	<ul style="list-style-type: none">• Possibilità di fissare elementi
	Comodità d'uso e di manovra	<ul style="list-style-type: none">• Raggiungibilità elementi e manovrabilità
	Accessibilità e utilizzabilità	<ul style="list-style-type: none">• Agibilità delle parti e raggiungibilità dispositivi

CARATTERISTICHE TECNICHE E TECNOLOGICHE

Aspetto	Appropriatezza dell'immagine	
	Conservazione dell'immagine	
Integrabilità	Integrazione dimensionale degli elementi tecnici	
	Giunzionabilità	
	Integrazione edilizia degli impianti	
Gestione	Economie di esercizio	come requisiti di benessere
	Economie di gestione	<ul style="list-style-type: none"> • Conservazione prestazioni nel tempo • Durevolezza • Pulibilità