



**Valentina FERRARI**

**Come fare la scelta più giusta e non la più semplice:  
l'impiego del vetro «strutturale» nelle nuove costruzioni.  
Esempi, regole d'applicazione e criteri di scelta**

Milano, 9 Marzo 2017

In collaborazione con  **agorà**



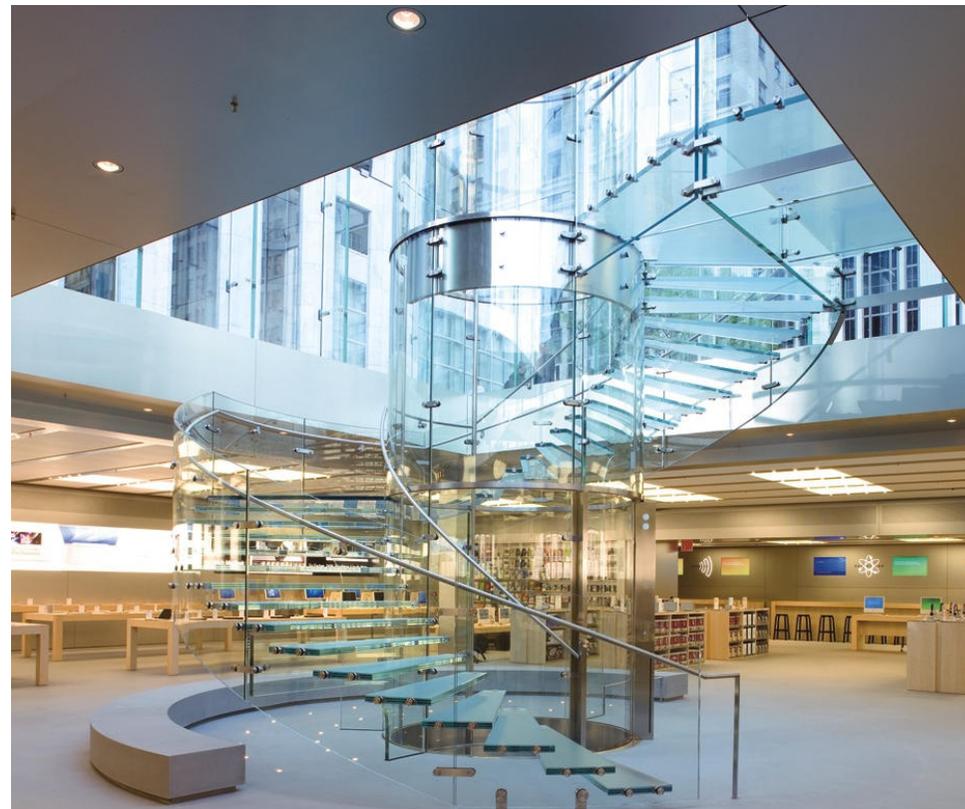
**Unione Nazionale delle Industrie**

- **Costruzioni Metalliche**
- **Involucro**
- **Serramenti**

**B<sup>[UILD]</sup>SMART!**



## Vetro Strutturale?



**B**<sup>[UILD]</sup>**SMART!**

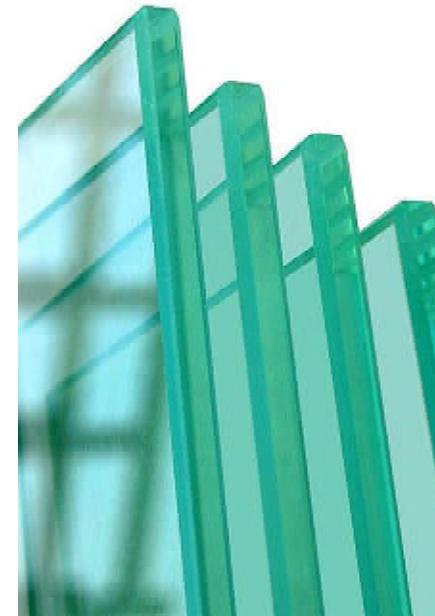


# Vetro come materiale da costruzione

Tabella 7.7. Resistenza caratteristica a flessione del vetro a seguito di un trattamento di rafforzamento (eseguirsi nel rispetto delle procedure indicate nel Capitolo 9).

Tipo di vetro	Valori della resistenza caratteristica a flessione $f_{b,k}$ per vetro presollecitato [MPa]		
	Vetro temperato termicamente (UNI EN 12150), vetro temperato termicamente e sottoposto a heat soak test (UNI EN 14179)	Vetro indurito termicamente (UNI EN 1863)	Vetro indurito chimicamente* (UNI EN 12337)
Vetro float o tirato	120	70	150
Vetro stampato	90	55	100
Vetro smaltato (float o tirato)	75	45	/
Vetro smaltato stampato	75	45	/

(\*) Data la difficoltà del processo di tempera chimica, risulta di particolare importanza che il materiale venga controllato e qualificato.



## Vetro Strutturale?

Tabella 3.9. Classificazione degli elementi strutturali di vetro a seconda delle condizioni d'impiego. Prodotti da costruzione non strutturali ricadono per definizione in classe 0.

Tipo	Classe per verifica pre-rottura	Classe per verifica post-rottura
Elementi verticali <sup>***</sup> vincolati in modo continuo sui bordi	1	1/NV <sup>***</sup>
Elementi verticali <sup>***</sup> con vincoli puntuali	2/1	1/NV <sup>***</sup>
Coperture orizzontali <sup>**</sup>	2	2/1
Parapetti con pericolo di caduta	2	2/1
Pinne (o coste) di rinforzo	2	2/1
Solai, travi portanti	2	2
Pilastri	3 (studi specifici con metodi di livello II o livello III)	2 (con le azioni della pre-rottura)

Note:

(<sup>1</sup>) All'interno della stessa categoria, la scelta della classe di verifica più o meno restrittiva dipende dall'importanza dell'opera, dalla pericolosità in caso di collasso del vetro, e del fatto che siano previste/prevedibili contromisure immediate di salvaguardia che riducano le conseguenze del collasso (puntellature, protezioni, recinzioni).

(<sup>2</sup>) Un elemento è considerato verticale se l'angolo che il suo piano forma con la verticale è minore di 15°. Un elemento che non ricade in questa definizione è considerato orizzontale.

(<sup>3</sup>) La sigla NV indica "Nessuna Verifica". Quando la rottura del vetro presenta rischi trascurabili per danni e perdite di vite umane, la verifica post-rottura può essere omessa.

## Post rottura

Tabella 3.2. Indicazioni qualitative sulla capacità portante post-rottura di un vetro stratificato in funzione del tipo di vetro.

Tipo di vetro stratificato	
Ricotto + Ricotto	In generale buona prestazione, principalmente grazie alle grandi dimensioni dei frammenti, che mantengono una buona adesione, anche se va considerato che i bordi taglienti delle fratture possono talvolta danneggiare l'intercalare.
Indurito+ Indurito	Prestazione paragonabile al "Ricotto + Ricotto"
Temperato + Temperato (termico)	Scarsa prestazione con intercalari deformabili (es. PVB). La prestazione migliora all'aumentare della rigidità dell'intercalare (es. Polimeri ionoplastici). I frammenti, piccoli e non taglienti, non danneggiano l'intercalare ma sono maggiormente soggetti a distacchi.
Temperato + Indurito	Prestazione intermedia. In generale un buon compromesso fra capacità portante post-rottura e rischi indotti dalla frammentazione.
Temperato + Indurito chimicamente	Buona prestazione in quanto frammenti di grandi dimensioni. Da considerarsi comunque con grande cautela, in quanto la rottura è estremamente fragile e l'improvviso rilascio di energia può provocare il collasso.

Tabella 3.3. Indicazioni qualitative sulla capacità portante post-rottura di un vetro stratificato in funzione del tipo di vincolo.

Tipo di vincolo	
Appoggio continuo sul perimetro	Prestazione in generale buona, che migliora all'aumentare della profondità di appoggio.
Vetrazioni con bordi incollati al telaio	Prestazione in generale buona, in quanto l'incollaggio del bordo della vetratura, se correttamente dimensionato, garantisce il mantenimento delle condizioni di vincolo della lastra in caso di rottura.
Appoggio su due lati	Da considerare con cautela. Deve essere dimensionata accuratamente la profondità di appoggio per il rischio di caduta, nel caso di forti inflessioni come quelle che si manifestano nella post-rottura dei vetri.
Appoggio puntuale con dispositivi passanti, borchie e fori cilindrici	Buona prestazione, in quanto la borchia impedisce lo sfilamento del vetro rotto. La prestazione migliora all'aumentare della resistenza dell'intercalare.
Appoggio puntuale con dispositivi passanti e fori svasati	Da considerare con cautela, in quanto in caso di rottura localizzata del vetro all'appoggio, il fissaggio non ostacola lo sfilamento. Se ne sconsiglia l'applicazione nel caso di lastre appese (aggancio all'estradosso della lastra).
Appoggio puntuale con "morsetto"	Da considerare con cautela. Da valutare con attenzione l'ammorsamento, per contenere i rischi di distacco nel caso di forti inflessioni.
Appoggio puntuale con foro passante solo uno strato	Da considerare con cautela per il pericolo di sfilamento nel caso di rottura localizzata del vetro

# Panorama legislativo del vetro come materiale da costruzione

DM 14 gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni

Cap. 11 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

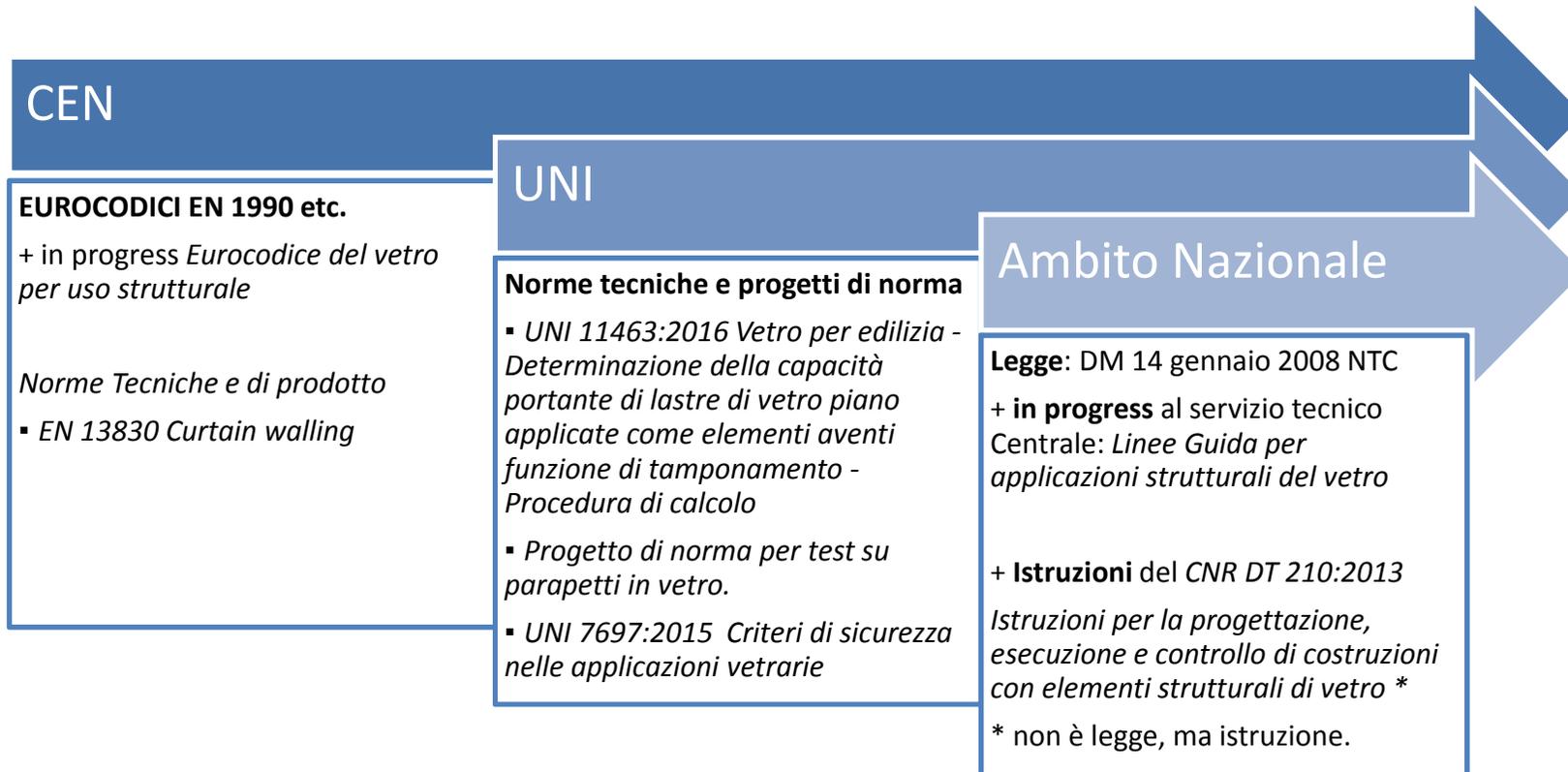
*[...] materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque non citati nel presente capitolo [...]. In tali casi il produttore [...] dovrà essere in possesso di un Certificato di Idoneità Tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.*

Prodotti in vetro già coperti da normative tecniche di prodotto non necessitano di idoneità da parte del STC.

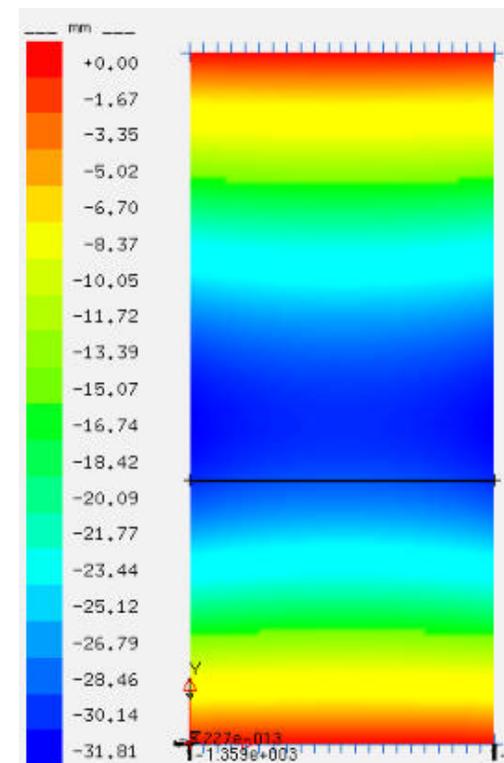
- UNI EN 13830 Facciate continue – Norma di prodotto
- UNI EN 14351-1 Finestre e porte - Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali - Parte 1: Finestre e porte esterne pedonali
- In lavorazione al CEN mandato per Balaustre in vetro – Norma di prodotto

# Panorama legislativo del vetro come materiale da costruzione

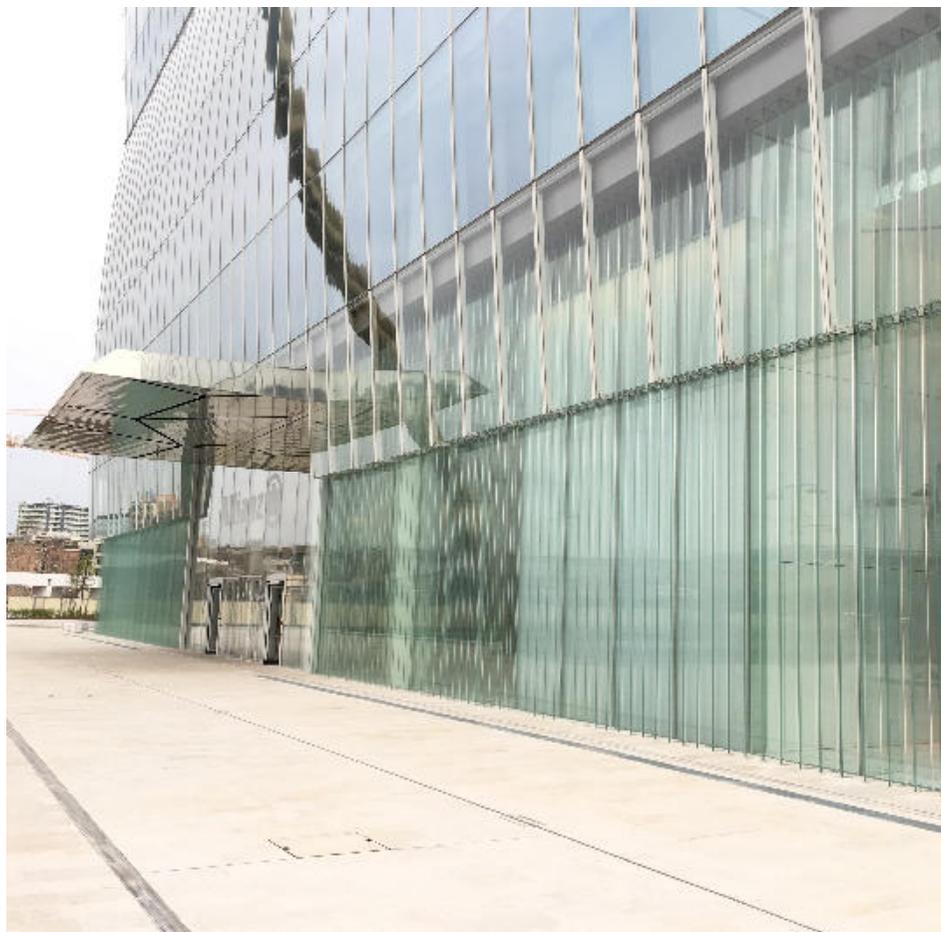
...Work in progress



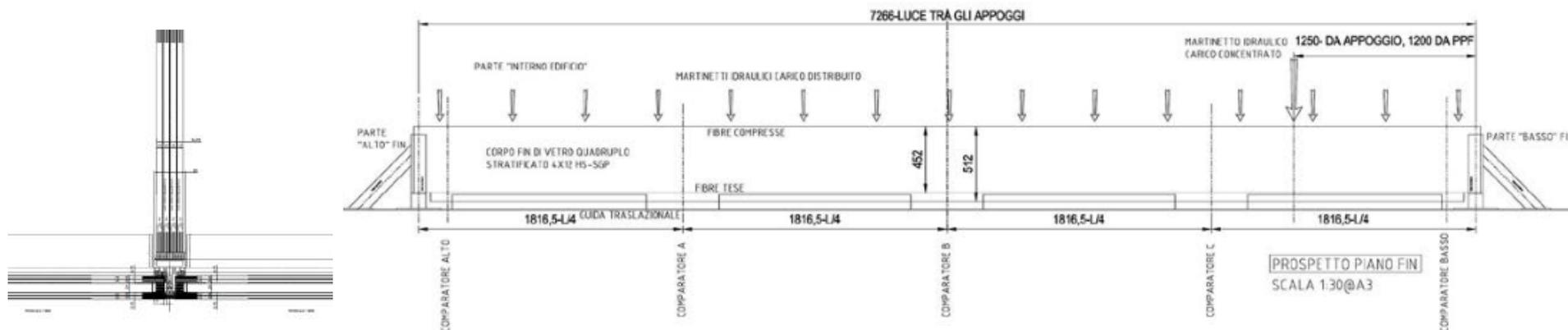
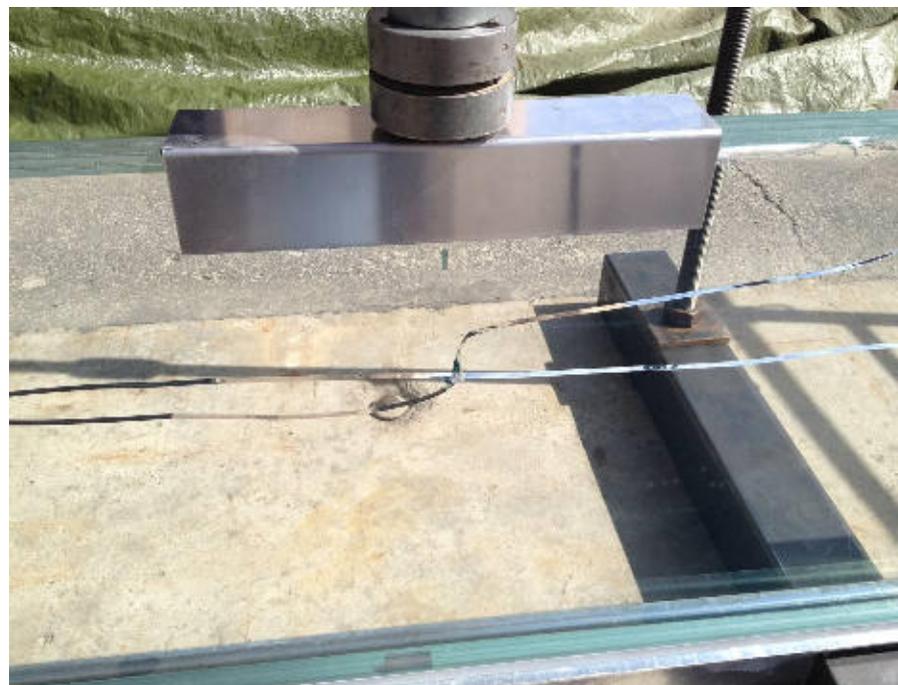
# Facciata tutto vetro – verifica statica della deformazione sotto carico vento+folla



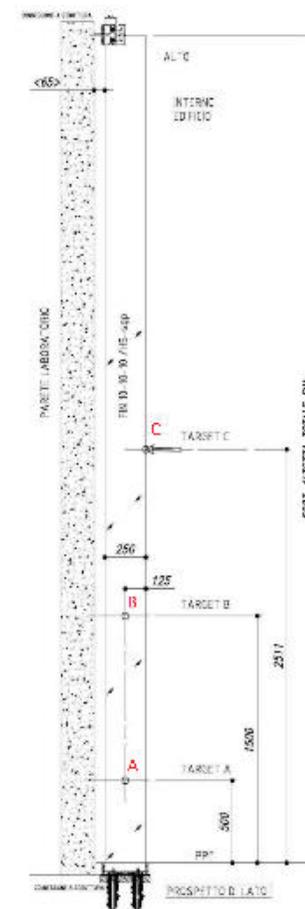
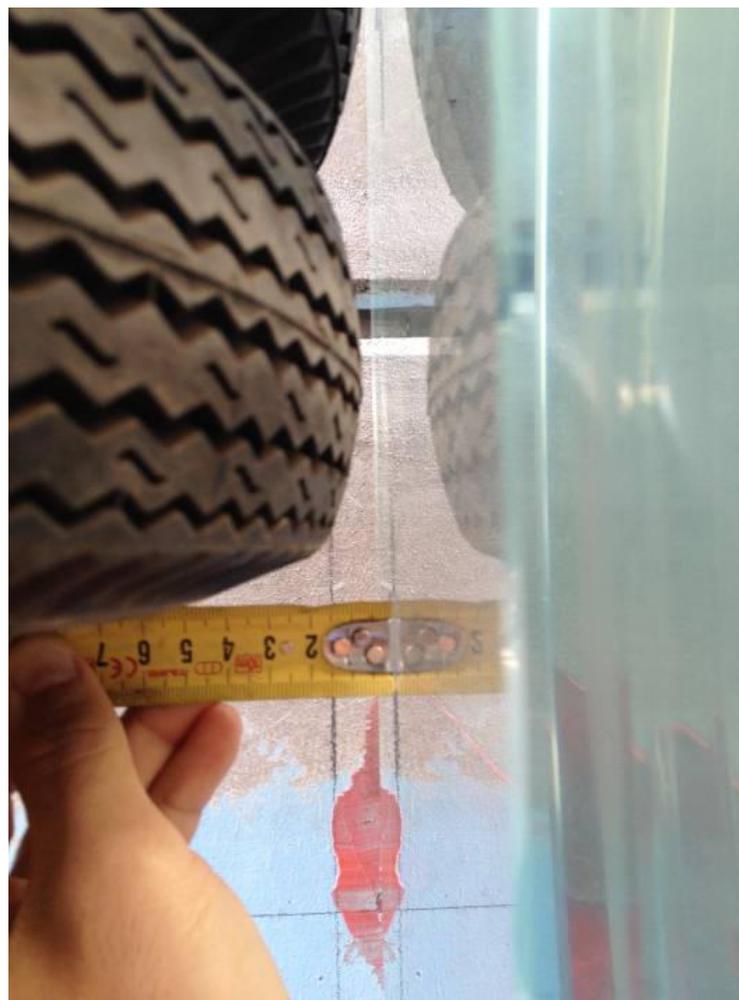
# Facciata con pinne in vetro



# Prova di carico su pinna in vetro – test post-rottura indotta



# Prova all'urto da corpo molle su pinna in vetro stratificato



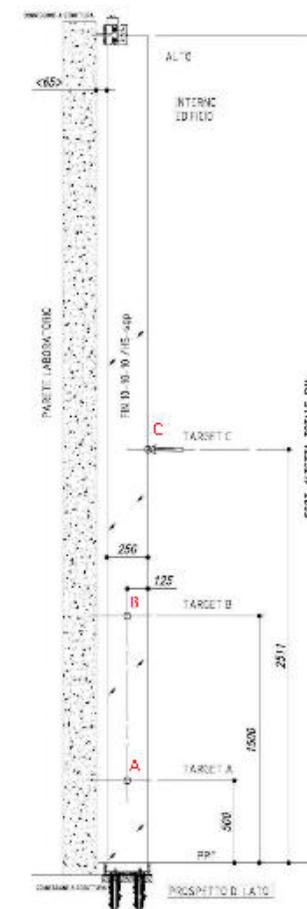
**B**<sup>[UILD]</sup>**SMART!**

	Target A	B	C
450mm	✓	✓	✓
700mm	✓	circa	✓
950mm	✓	circa	✓

FASE 1: IMPATTI SOFT BODY

TARGET	EN 14019
A	15
B	15
C	15

# Prova all'urto da duro su pinna in vetro stratificato

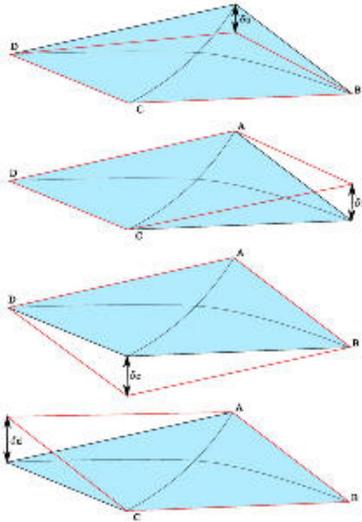


	A	B	C
10J	circa puntuale	circa puntuale	rottura trasversale

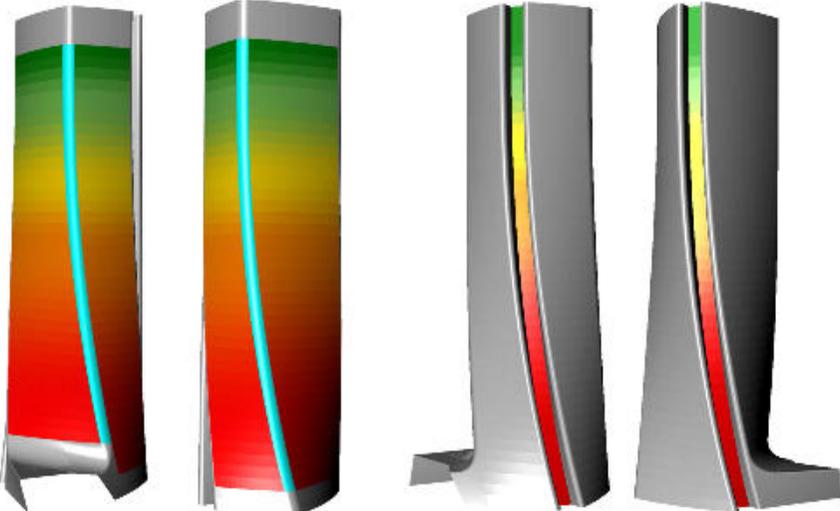
FASE 2: HARD BODY	
TARGET	EN 7892
A	10J
B	10J
C	10J

**B<sup>[UILD]</sup>SMART!**

# Geometrie non convenzionali

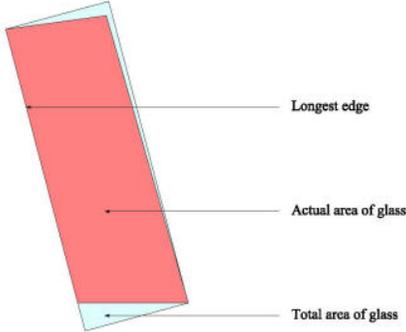


(a)

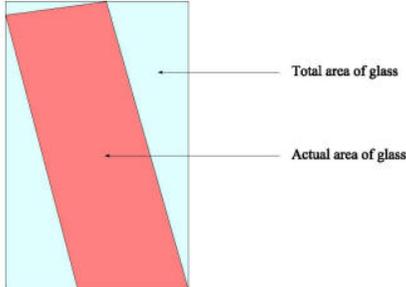


(b)

(c)



Definition of panel rectangularity



(d)

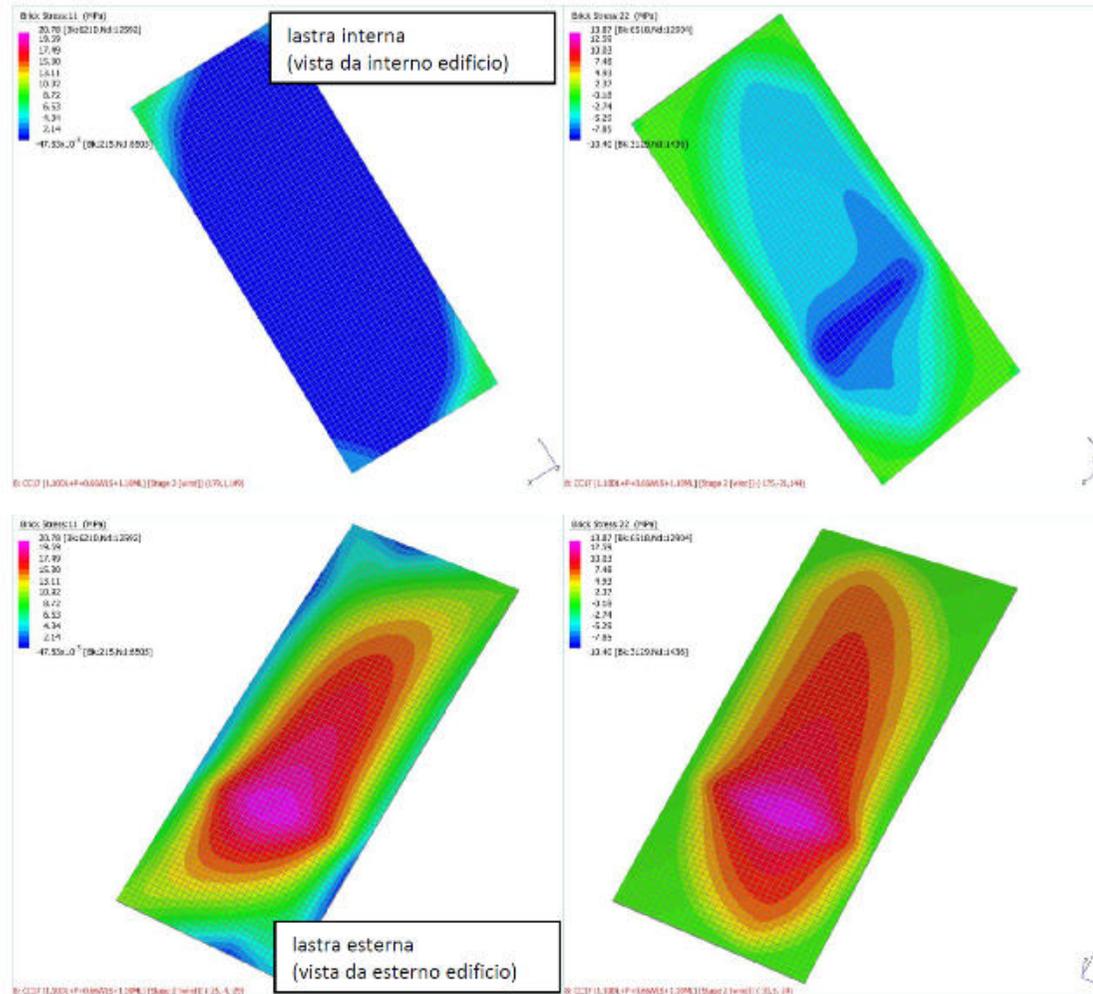


**B<sup>[UILD]</sup>SMART!**

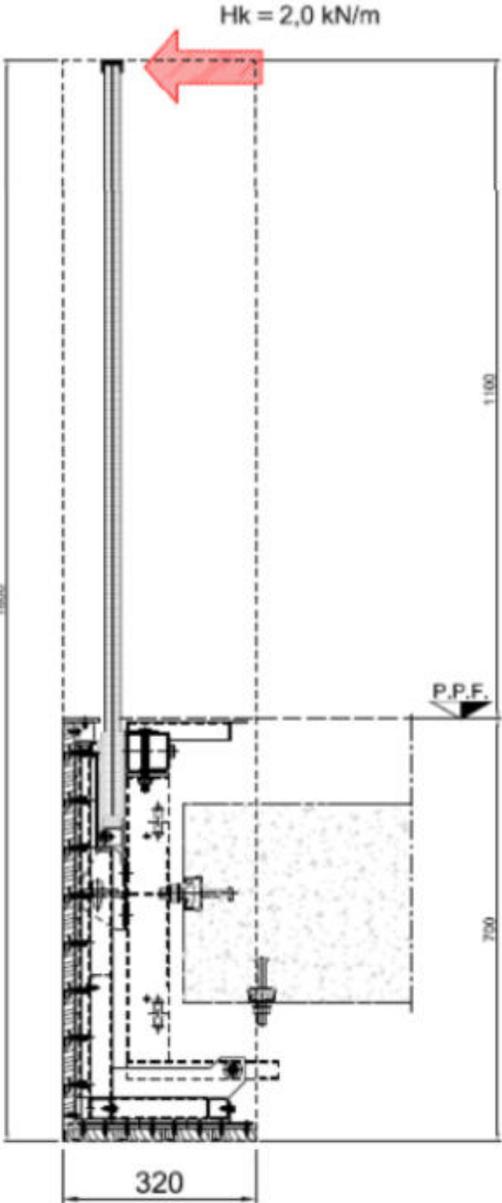


# Verifica statica nei confronti delle azioni previste

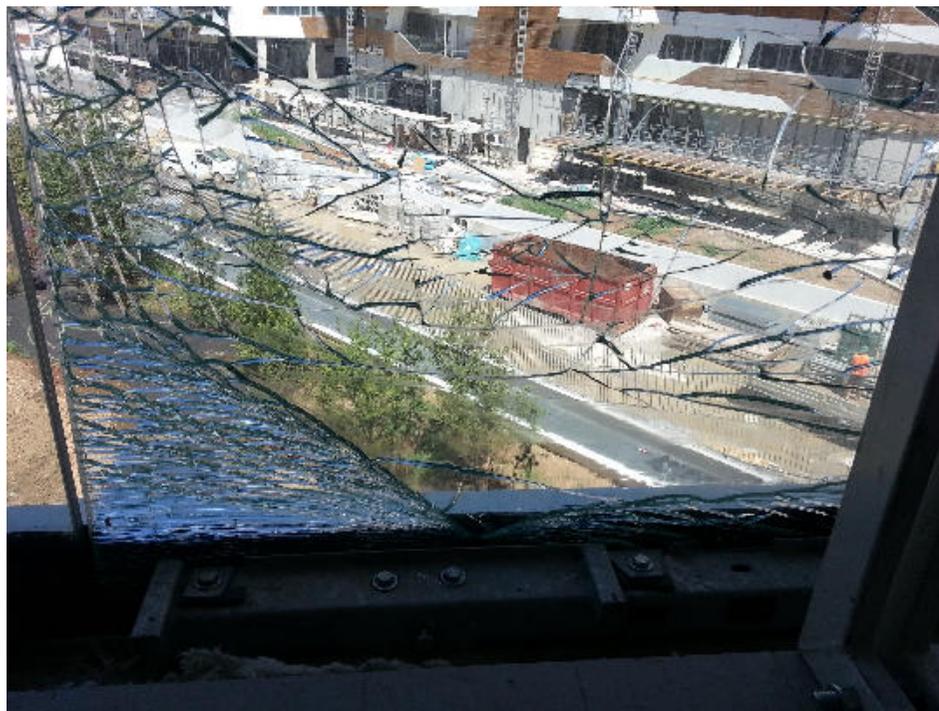
- CC10 → DL+P (1.00 p.proprio + 1.00 cold-bending prestress)
- CC13 → 1.10DL+P+1.10WLS (1.10 p.proprio + 1.00 cold-bending prestress + 1.10 suction)
- CC17 → 1.10DL+P+0.66WLS+1.10ML (1.10 p.proprio+1.00 cold-bending+0.66 suction+1.10 maintenance)
- CC19 → 1.10DL+P+1.10BMU (1.10 p.proprio+1.00 cold-bending+1.10 BMU)
- CC20 → DL+P+E (1.00 p.proprio + 1.00 cold-bending + 1.00 azione sismica)



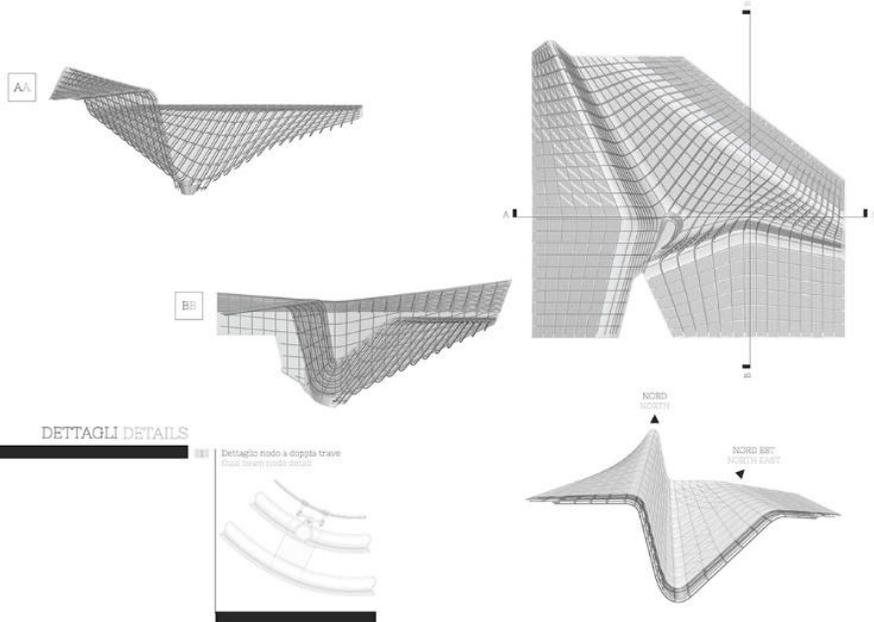
# Prova di spinta per carico lineare su parapetti



# Prova di spinta per carico lineare su parapetti



# Studio agli elementi finiti



**B**<sup>[UILD]</sup>**SMART!**

