



IL VETRO FOTOVOLTAICO BiPV di PAN ELETTRICA PANZERI

TECNICA DI REALIZZAZIONE PER LA RESISTENZA AL FUOCO

Differenza tra un classico pannello fotovoltaico ed un vetro BiPV Pan Elettrica Panzeri

A prima vista

Il **Vetro Fotovoltaico** si differenzia dal classico pannello fotovoltaico per materiali, caratteristiche fisiche e tecnologie di realizzazione.

Il **Vetro Fotovoltaico** (in seguito VF) è, nella sua versione più basilare, formato dalla stratifica di due vetri entro cui sono posizionate le celle fotovoltaiche. Il pannello fotovoltaico standard ha invece il vetro sul lato sole, ed foglio di Tedlar sul retro.

Il VF può avere molteplici forme in funzione di come i vetri vengono sagomati. Il pattern delle celle può seguire la forma del vetro e, in funzione della distanza tra le celle stesse, determinarne la percentuale di trasparenza desiderata (Progettazione Architettonica).

Come per i pannelli fotovoltaici, anche il VF è caratterizzato da un vetro extra-chiaro lato sole, per la massima trasparenza, e trattato termicamente (o chimicamente) per la massima resistenza all'azione diretta delle intemperie.

Anche il vetro posteriore può avere delle caratteristiche speciali : spessore, colore, coating.

Resistenza meccanica

Mentre i classici pannelli (con frame in alluminio) hanno resistenza meccanica pressoché simile per tutti i costruttori (5400Pa in conformità alle IEC 61215/ IEC 61730 and UL 1703, che scende a 2400Pa se i pannelli sono fissati sul lato corto), i Vetri Fotovoltaici possono essere dimensionati per sopportare carichi più gravosi adempiendo a requisiti meccanici strutturali, di sicurezza e nello specifico anche di **Resistenza al Fuoco**.

Per i Vetri Fotovoltaici, la progettazione meccanica è dunque fondamentale in quanto l'ubicazione, il contesto normativo ed il fissaggio condizionano significativamente gli spessori ed i trattamenti termici (o chimici) dei vetri.

Si pensi alla spinta del vento nei piani più alti di un palazzo, o al carico dovuto alla calpestabilità di una pensilina o di un tetto in vetro, all'appoggio su due lati piuttosto che all'ancoraggio tramite fori predisposti, o ancora alla spinta della folla sulle pareti in vetro di un centro commerciale.

Il VF, a differenza del pannello classico viene altresì progettato per resistere sia da integro che da... rotto, nel senso che la rottura di un vetro non può comportarne la caduta dall'alto (effetto sacco).

Ambiti di impiego

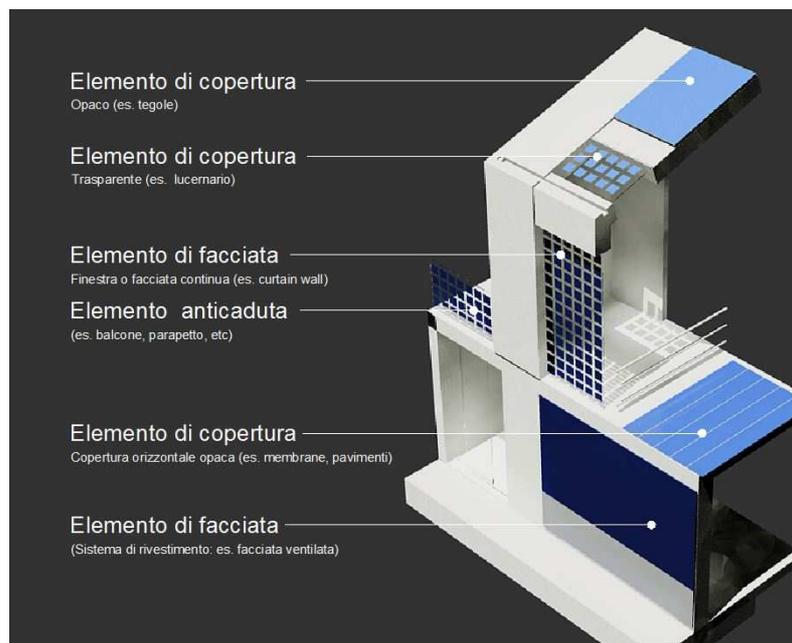


Fig. 1 - Impieghi del BiPV

Il VF non viene generalmente utilizzato (solo) come rivestimento o come elemento aggiuntivo atto alla esclusiva produzione di energia. Essendo parte integrante dell'involucro edilizio, al pari di una parete o di un tetto, deve soddisfare, oltre ai requisiti meccanici di cui sopra anche quelli termici ed acustici. È per questi motivi che il vetro può avere coating basso-emissivi e vetrocamere senza che in alcun modo la resa energetica possa risulterne compromessa.

La tecnologia di un Vetro Fotovoltaico deve quindi considerare le adesioni tra vetri con specifici trattamenti e la "maneggiabilità" del semilavorato per l'aggiunta di vetrocamere e/o successive laminazioni/trattamenti speciali.

Progettazione “chimico/fisica”

Un classico pannello fotovoltaico ha posta sul retro una junction box contenente i diodi e le terminazioni dei collegamenti elettrici delle celle. Nella maggior parte dei casi, un VF non ha una JB posteriore poiché quest’ultima, insieme ai cavi che ne fuoriescono, non devono essere visibili. Talvolta non sarebbe nemmeno possibile installare JB posteriori per via della presenza delle vetrocamere.

Un VF ha quindi sia l’elettronica che le connessioni elettriche poste sul bordo. La complessità di realizzazione di un VF rispetto ad un pannello tradizionale si intuisce anche da questi aspetti:

si immagini di progettare alcuni componenti elettronici e di posizionarli prima di laminare il vetro (sottoponendoli quindi a cicli sotto pressione a quasi 200°C di temperatura). I componenti installati sul bordo (generalmente dopo la laminazione) devono essere miniaturizzati per ricavarsi spazio all’interno di un serramento; servono quindi materiali speciali che siano in grado di garantire adesione perfetta, isolamento elettrico e contestualmente di dissipare calore.

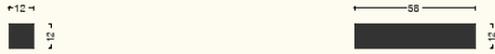
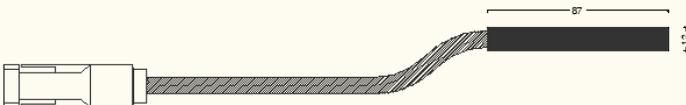
	<p>JB MID dim: 50x10x10mm</p> <p>scatoletta con diodo di by-pass IP67</p>
	<p>JB END - dim: 75x10x10mm</p> <p>scatoletta con diodo di by-pass IP67</p> <p>cavo solare sez. 4mmq di lunghezza variabile</p> <p>connettore Plug&Play polo negativo di tipo MC4 o MC3 o compatibili</p>
	<p>JB END + dim: 75x10x10mm</p> <p>scatoletta con diodo di by-pass IP67</p> <p>cavo solare sez. 4mmq di lunghezza variabile</p> <p>connettore Plug&Play polo positivo di tipo MC4 o MC3 o compatibili</p>

Fig. 2 – Componenti installati sul bordo del vetro impiegato nella prova di resistenza al fuoco

Un Vetro Fotovoltaico non è dunque semplicemente un pannello con dietro un vetro, per quanto detto sopra la progettazione è multi-disciplinare: elettrica, meccanica, fisica, elettronica, chimica.

In aggiunta al rispetto delle normative del settore dei pannelli fotovoltaici, un vetro fotovoltaico deve essere conforme alle normative inerenti la stratifica di sicurezza, il dimensionamento strutturale, l’isolamento termico, la reazione al fuoco e da oggi anche la **Resistenza al Fuoco**.

Il Layer fotovoltaico (progettazione elettrica)

La produzione di energia elettrica è il compito delle celle fotovoltaiche.

Le celle utilizzate sono in silicio cristallino (mono o poli) e possono differire per forma, colore, efficienza. Possono essere impiegate celle bifacciali.

Le celle sono collegate elettricamente e assemblate meccanicamente (tramite le saldature dei ribbon sui busbar) per formare un modulo, il quale costituisce il componente base per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico. Combinando tra loro blocchi di celle, in serie, si ottengono moduli con tensioni diverse.

Una visibile prima differenza è data dai busbar. I busbar sono i binari dove viene incanalata e si muove la corrente (gli elettroni). Il sole colpisce le celle in silicio fotovoltaico che rilasciano elettroni. Gli elettroni transitano dai busbar fino ai terminali elettrici del modulo.

I ribbon in rame hanno spessori e dimensioni differenti. Alcuni ribbon sono specifici per le saldature sui busbar, altri fuoriescono dal vetro per essere saldati ai diodi di bypass ed ai cavi costituenti i poli positivo e negativo del modulo.

Dato che le celle fotovoltaiche non sono tutte identiche tra loro, per le inevitabili difformità di fabbricazione o per irraggiamento solare disuniforme, si può formare una corrente di circolazione dal blocco di celle a tensione maggiore verso quello a tensione minore (perdite per mismatch o di dissimmetria o fenomeno di hot-spot). Per evitare questi problemi o per limitarne il fenomeno, anche i vetri fotovoltaici, al pari dei moduli tradizionali, sono equipaggiati di diodi di by-pass che cortocircuitano la parte di modulo in ombra o danneggiata.

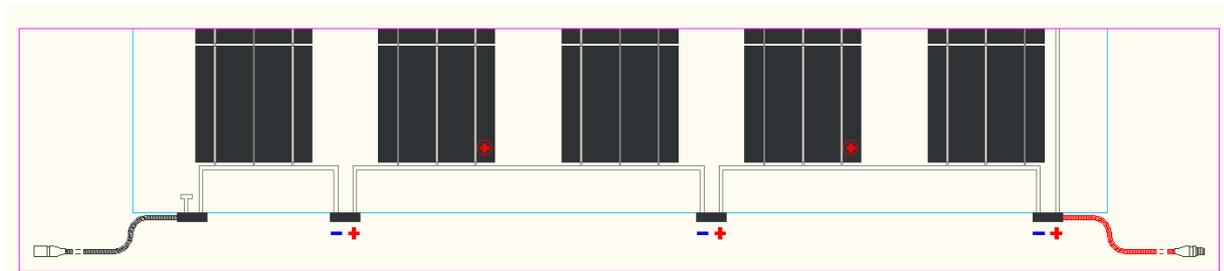


Fig. 3 – Tipico di cablaggio ribbon

Nello specifico è stato impiegato un diodo ogni Nr. 14 celle fotovoltaiche. Come evidenziato nella premessa e nel disegno del vetro, l'elettronica del vetro è posta sul bordo.

Le celle che costituiscono un modulo sono incapsulate con un sistema di assemblaggio che:

- Isola elettricamente le celle verso l'esterno
- Resiste ai raggi ultravioletti, alle basse temperature, agli sbalzi di temperatura dovuti al riscaldamento delle celle
- Mantiene la massima trasparenza
- Consente al vetro laminato (anteriore + posteriore alle celle) di avere caratteristica di vetro stratificato di sicurezza.

L'incapsulante utilizzato è il PVB.

CARATTERISTICHE ELETTRICHE GENERALI DEL VETRO FOTOVOLTAICO		
tutti i dati hanno tolleranza del 5%		
Tipologia celle	n°98 celle monocristalline 6"	dati
Caratteristiche elettriche del singolo vetro fotovoltaico	P max (massima potenza)	470 Wp
	Voc (tensione a vuoto)	65.62 V
	Isc (corrente di corto circuito)	8.70 A
	Vmpp (tensione alla massima potenza)	56.41 V
	Impp (corrente alla massima potenza)	8.34 A
Coefficienti di temperatura	Potenza	- 0.380 %/K
	Tensione a vuoto	- 0.274 %/K
	Corrente di corto - circuito	+ 0.057 %/K
Tipologia di scatola di giunzione e di connettori	Scatola di giunzione	Edge connector
	Connettori	compatibile MC4
	Cavo	4mmq - L 1.2m

Fig. 4 – Caratteristiche elettriche del vetro impiegato per la prova di resistenza al fuoco

IL BiPV E30 (E45) di Pan Elettrica Panzeri

La dimensione del vetro realizzato per la prova di resistenza al fuoco è pari a 2400x1250mm .

CARATTERISTICHE FISICHE DEL VETRO FOTOVOLTAICO FV 1	
N° Vetri	n° 3 vetri
Vetro Anteriore	dim. 1250 x 2400mm, spessore 8 mm, Pyroswiss Diamant, molatura filo grezzo, Temprato + HST
Incapsulante	PVB da 1.52mm
Vetro Posteriore	dim. 1250 x 2400mm, spessore 8 mm, Float chiaro, molatura filo grezzo, Indurito
Canalina Isolante	16 mm Chromatech Plus INOX con Argon 90%
Vetro Posteriore Vetrata Isolante	dim. 1250 x 2400mm, spessore 66.2mm, Float chiaro - molatura filo grezzo
Peso Vetro	218 kg
Spessore Vetro	46.28 mm

Fig. 5 – Caratteristiche fisiche del vetro impiegato per la prova di resistenza al fuoco

Il vetro fotovoltaico con grado di resistenza al fuoco è specificamente progettato per disintegrarsi in maniera controllata: i materiali che non offrono resistenza al fuoco non innescano rotture sui layer “REI”, non introducono quindi vulnerabilità, anzi, aiutano i layer più critici a performare nelle condizioni nominali di progetto.

Ogni singolo componente viene dunque ripensato per adempiere ad una nuova funzione a circa 800°C.

In questo contesto sia i trattamenti termici che la finitura stessa del bordo dei vetri acquistano un’importanza ed un ruolo fondamentali.

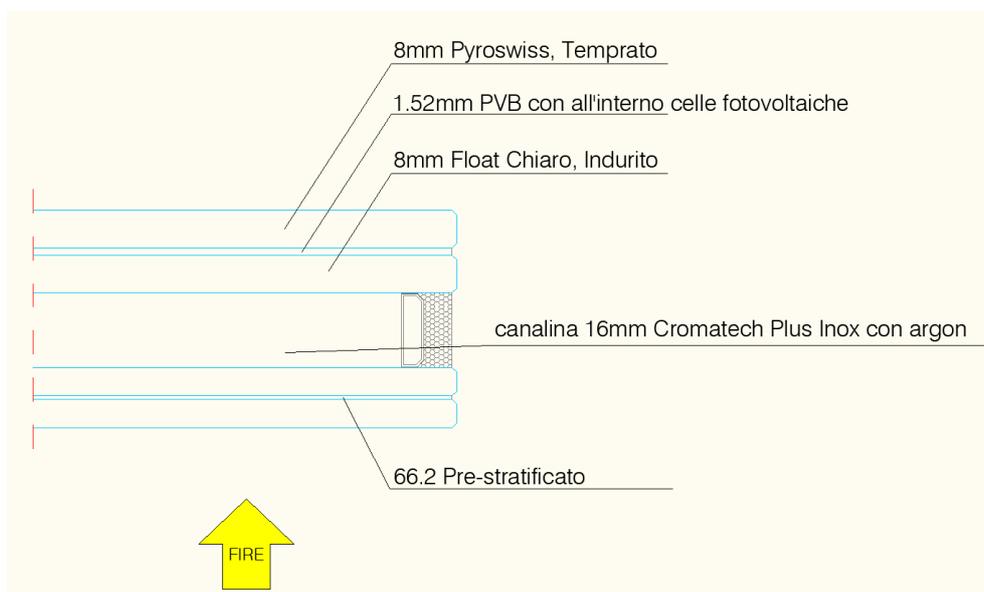


Fig. 6 – Stratigrafia del vetro impiegato per la prova di resistenza al fuoco

La canalina in inox per le prestazioni termiche in condizioni ordinarie, deve preservare lo spessore del vetro durante un incendio per evitare che il vetro si sposti o scivoli dal serramento ma, allo stesso tempo, non deve ostacolare il passaggio di calore sui bordi del layer resistente al fuoco.

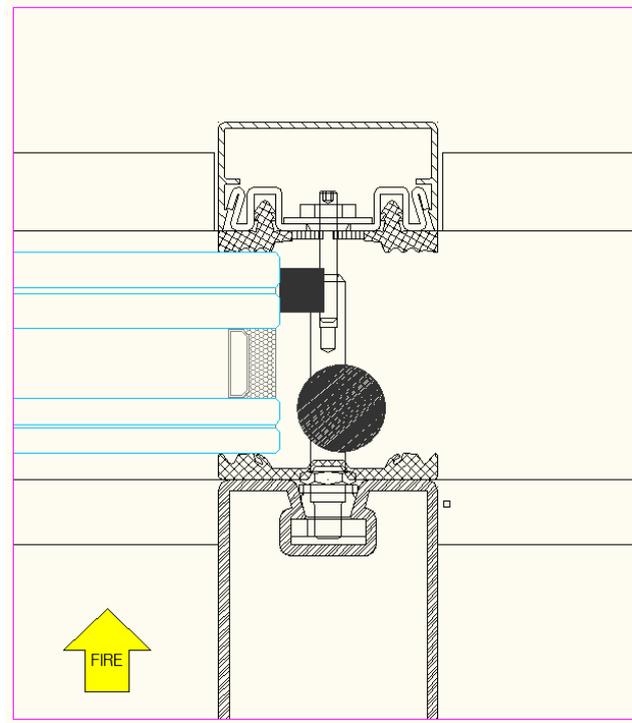


Fig. 7 – Particolare del vetro inserito nel serramento

Per riprodurre uno scenario reale, il vetro è stato collocato in un serramento Jansen VISS Fire TV su supporti in calcio-silicato. L'installazione è stata completata con riempimenti in lana di roccia e guarnizioni termo-espandenti per la massima sigillatura nelle condizioni estreme della prova.

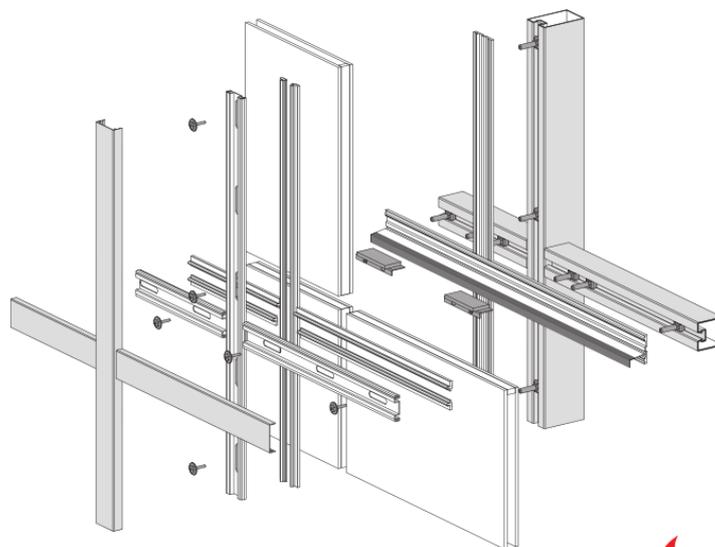
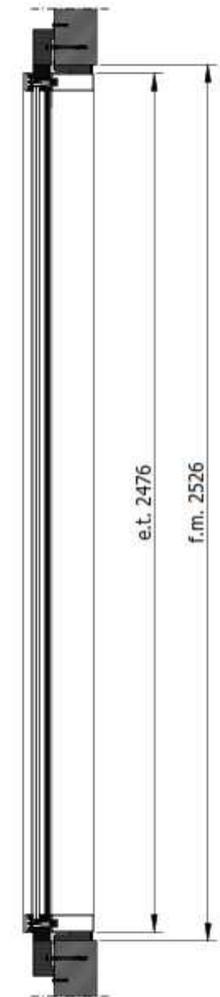
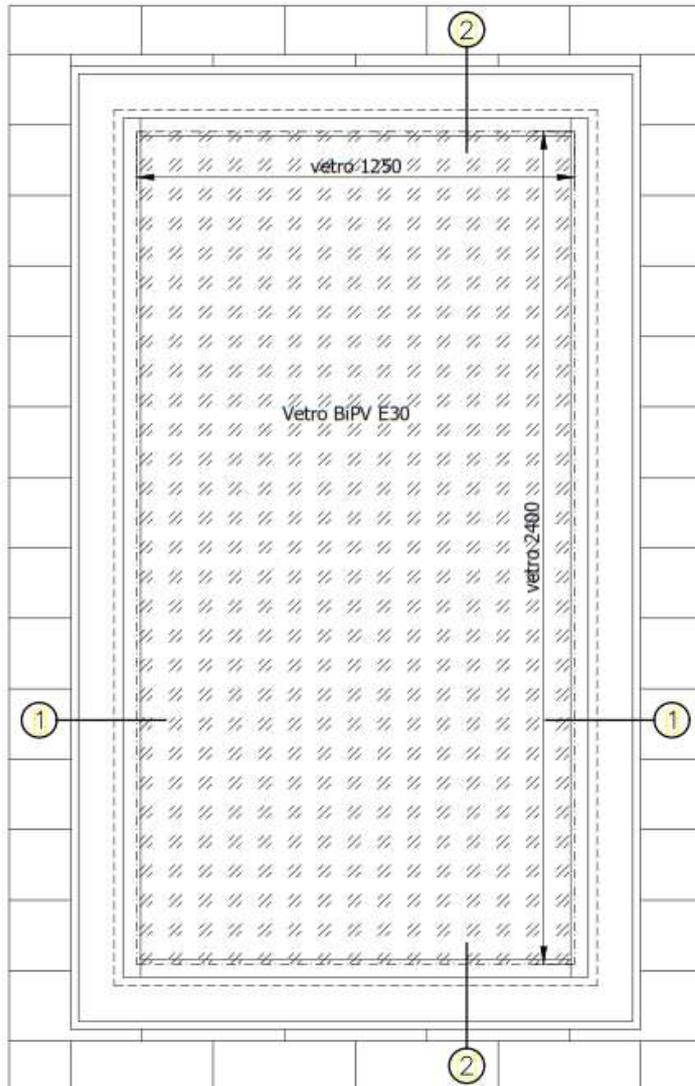
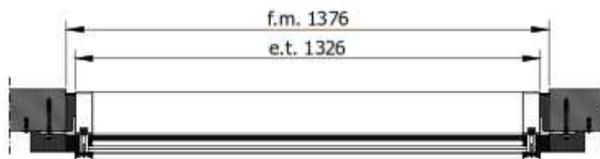


Fig. 8 – Il serramento Jansen VISS Fire TV

VISTA ESTERNA



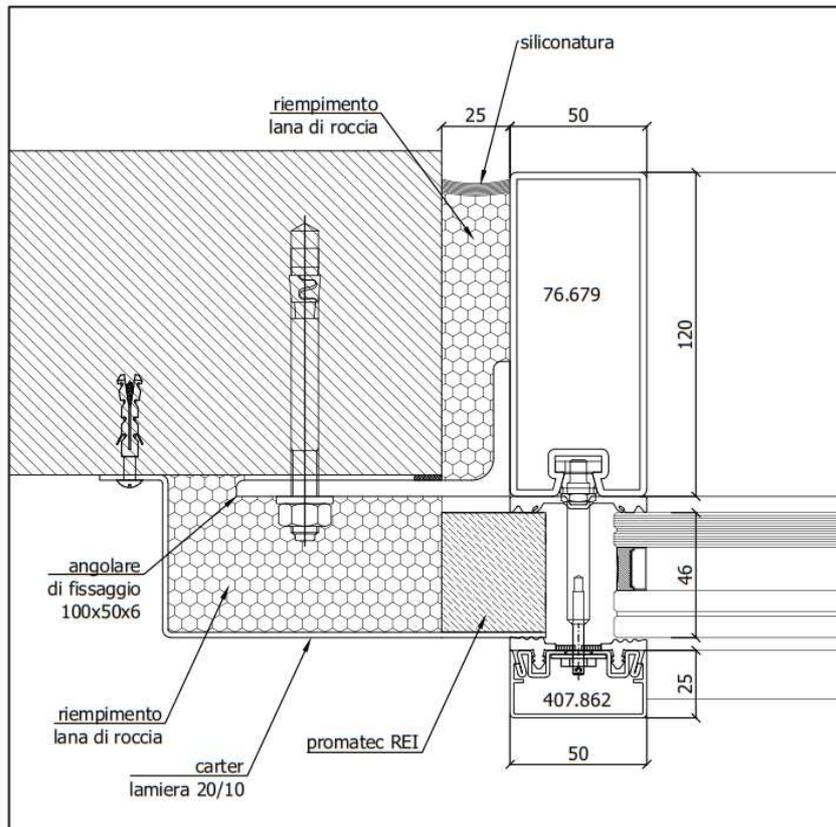
SEZIONE VERTICALE



SEZIONE ORIZZONTALE

Fig. 9 – Vista esterna e sezioni

NODO 1



NODO 2

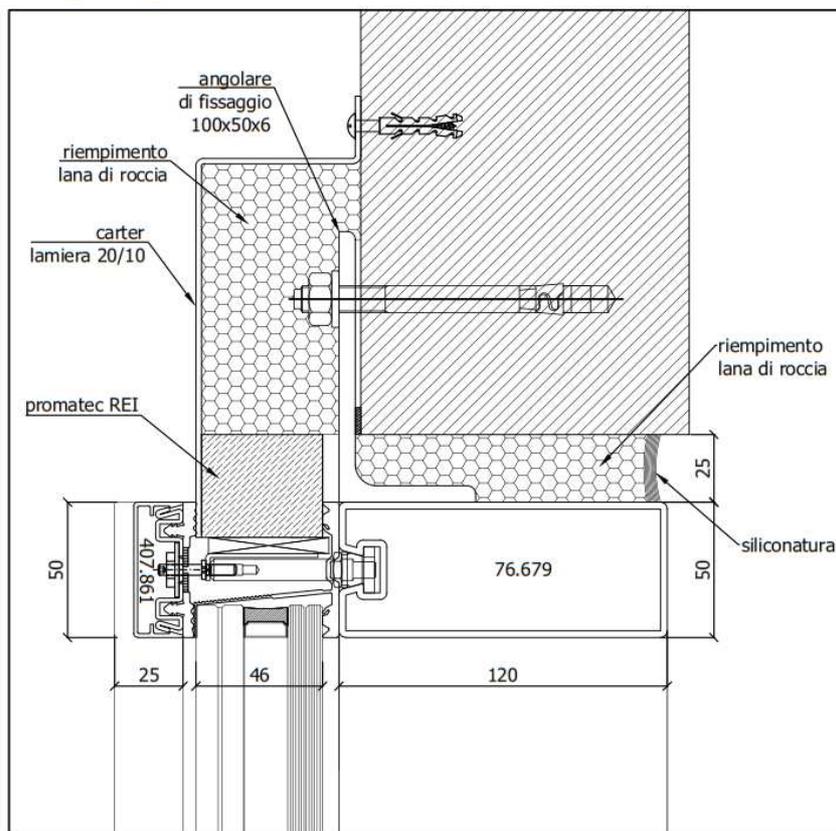


Fig. 10 – Particolari del vetro e del serramento

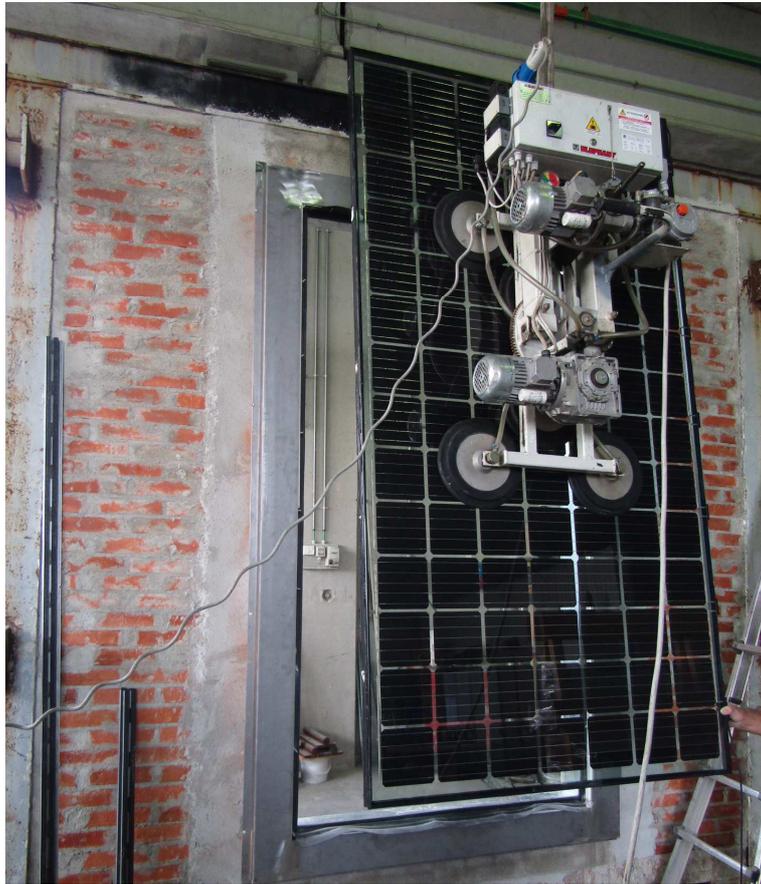


Fig. 11 – Montaggio del vetro nel telaio di prova

Durante l'incendio il vetro fotovoltaico di PanElettrica Panzeri ha confinato le fiamme all'interno del forno per 45 minuti.



Fig. 12 – Il vetro ripreso tra i 30 ed i 45' di esposizione al fuoco ($T > 800^{\circ}\text{C}$)