Progetto di nuove metodiche per una posa in opera innovativa del serramento in PVC:

La finestra pneumatica

Ing. MARCO PIANA

PVC Forum Italia- Centro di informazione sul PVC

Il PVC Forum Italia: missione

1. Realizzazione e diffusione di studi e documentazione sulle performance tecniche, le applicazioni e le prestazioni ambientali del PVC, dalla produzione al post-consumo;
2. Promozione dell'immagine dei prodotti e organizzazione di convegni e dibattiti su aspetti e problematiche inerenti il PVC e le materie plastiche in generale;
3. Essere fonte di informazione per il mondo accademico, le associazioni di categoria, le autorità, la stampa e l'opinione pubblica in generale.

Il Gruppo serramenti e avvolgibili

Denominato **SI PVC, il Gruppo Serramenti e Avvolgibili** è il primo gruppo di lavoro costituito all'interno del Centro di informazione sul PVC. I suoi obiettivi sono:

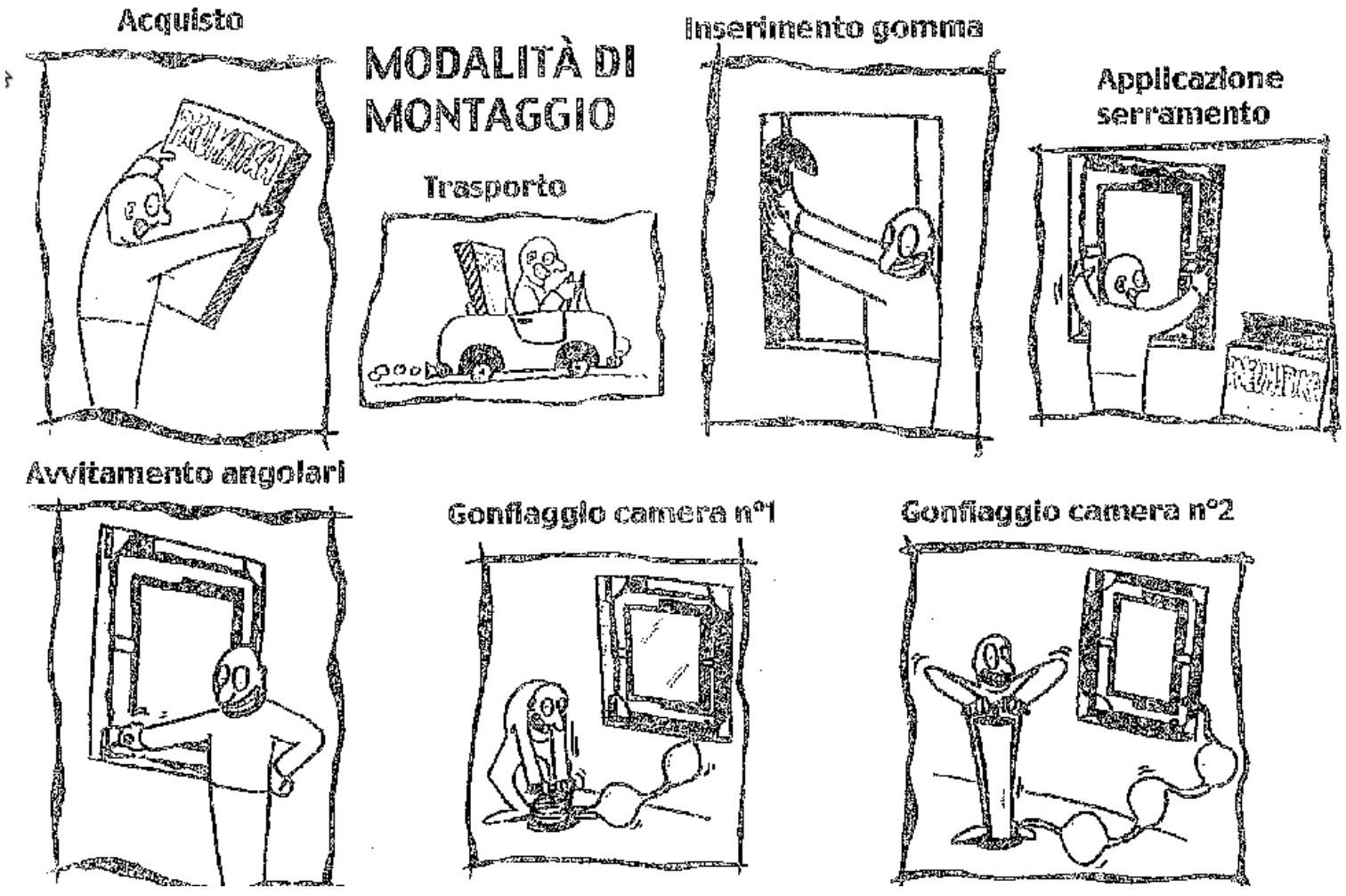
- accrescere la cultura della **sostenibilità** e della **qualità**
- promuovere comportamenti e best practices nella produzione di serramenti in PVC
- promuovere correttamente i serramenti in PVC di qualità
- organizzare e promuovere **formazione** e **informazione**

A tutte le aziende facenti parte del Gruppo SI PVC è offerta la possibilità di utilizzare due marchi che forniscono garanzie di qualità e di sostenibilità dei loro prodotti. I marchi sono:

Per i serramenti

Per gli avvolgibili

La finestra pneumatica



Oggetto e finalità dello studio

Oggetto dello studio è la progettazione preliminare di una camera d'aria in materiale polimerico da inserire nel profilo delle finestre in PVC, con 3 finalità:

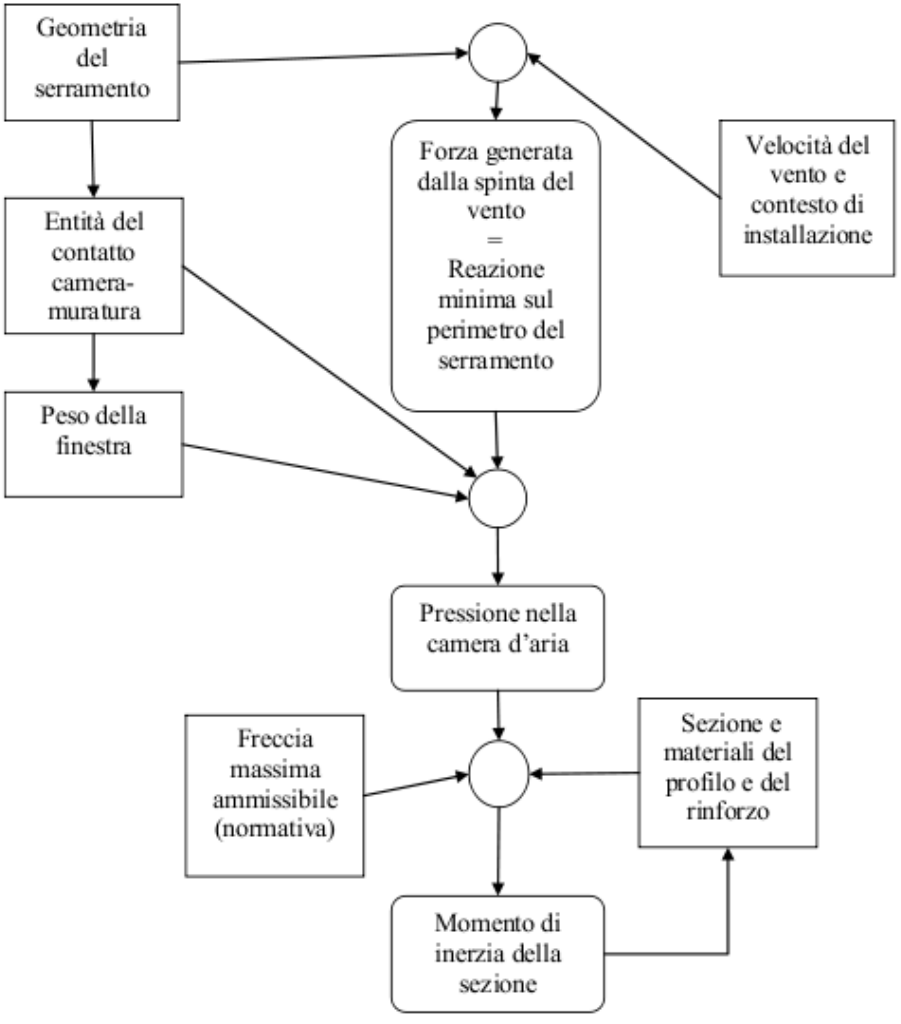
1) **ridurre i tempi di posa** del serramento;

2) **garantire la tenuta meccanica** eliminando contro-telai, staffe e ferramenta di fissaggio;

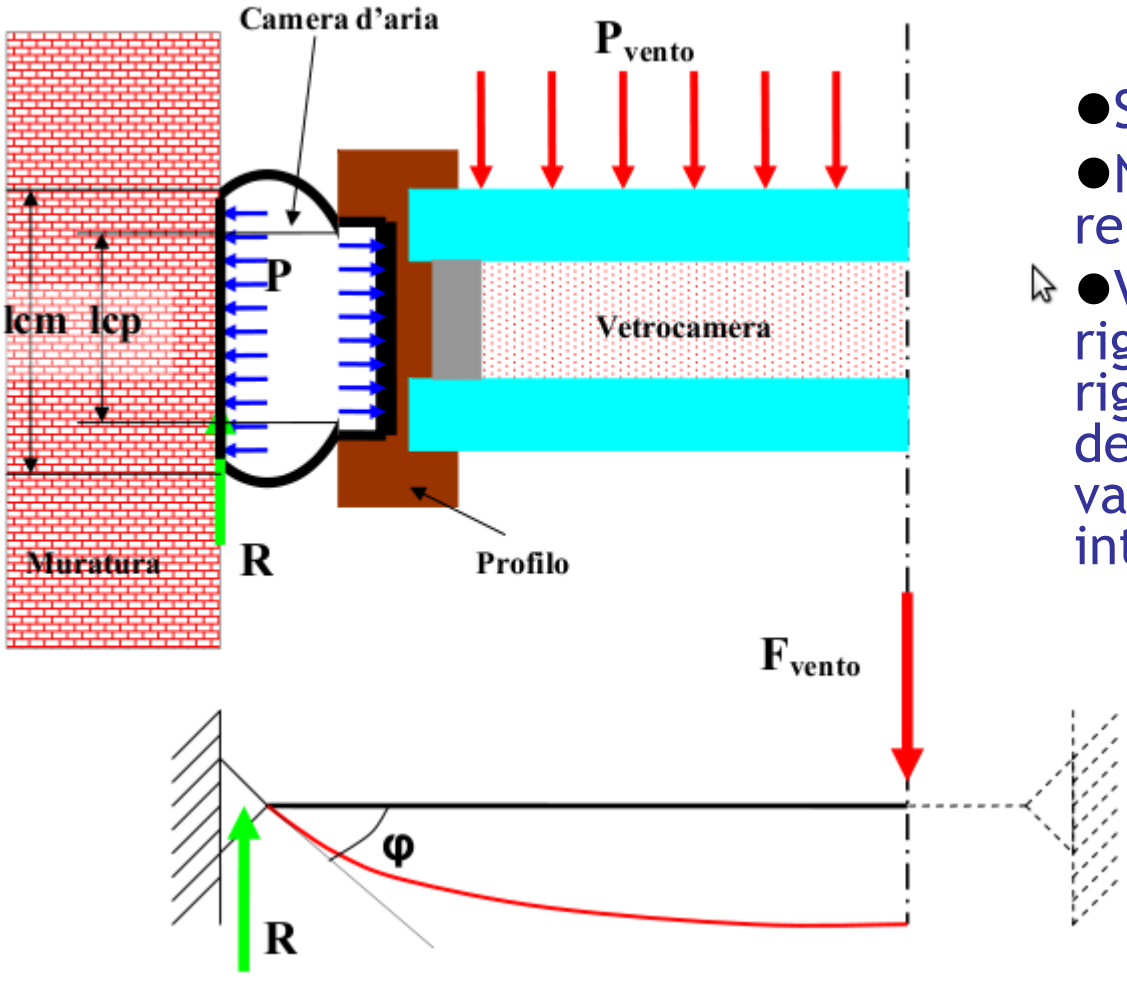
3) **migliorare le prestazioni** temo-igrometriche della finestra, attraverso l'attenuazione del ponte termico di giunzione tra telaio e muratura.

- Dimensionare il **valore di pressione** p nella camera pneumatica
- Dimensionare la **sezione resistente** del profilo per contenere la **deformazione**

Approccio logico: flow chart

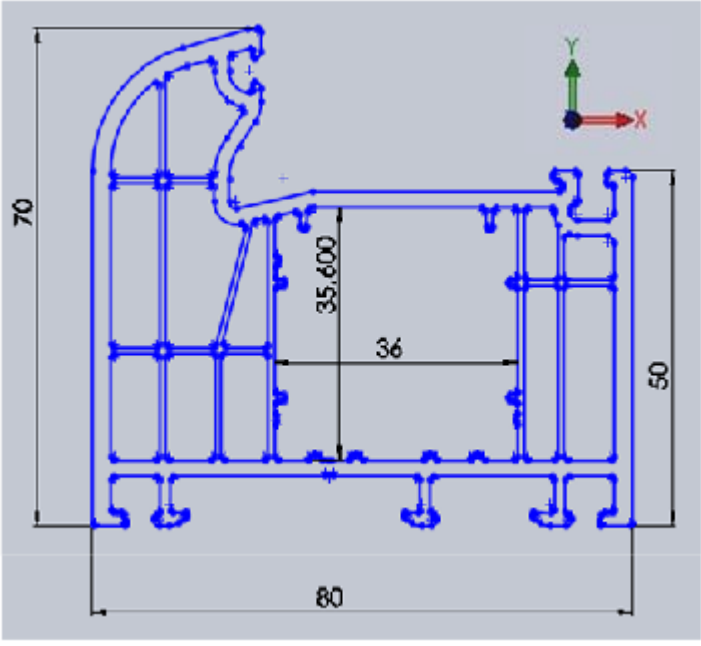


Dimensionamento della pressione della camera



- Sistema simmetrico
- Non ci sono scorrimenti relativi e/o discontinuità
- Vincolo cedevole la cui rigidezza dipende dalla rigidezza del materiale della camera d'aria e dal valore della pressione interna alla camera

Dimensionamento della pressione della camera



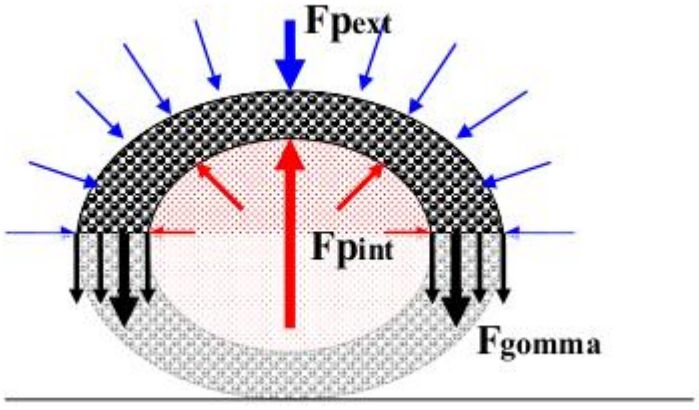
Sprinta del vento	F_{vento}	800 N
Spessore profilo	Sp	0,08 m
Perimetro del serramento	Ps	4 m
Lunghezza contatto camera-sede	l_{cm}	0,05 m
Coefficiente di attrito statico	η	0,4

Con questi dati di input, la pressione di esercizio risulta:

P >= 10 kPa Ovvero 0,1 bar relativi

Dimensionamento della pressione della camera

Il dimensionamento deve inoltre tenere in conto di:
1) fluttuazioni di pressione (dell'ordine di 3000-5000 Pa);
2) il peso proprio del serramento.



P = 50 kPa con un fattore di sicurezza pari a 5 volte il valore nominale calcolato

Azione della pressione sulla deformazione del profilo

La pressione di gonfiaggio della camera è limitata superiormente dalle deformazioni massime tollerabili dal profilo e più precisamente dalla freccia frontale di inflessione.

Il valore di tensione che sollecita il profilo è pari a 18 Mpa e, diversamente dal carico del vento, è sempre presente e quindi sollecita continuamente il profilo.

In particolari condizioni, ciò potrebbe portare a problemi di deformazioni permanenti del profilo.

Studi sperimentali condotti sui meccanismi di creep hanno tuttavia evidenziato che il PVC rigido, per questi valori di tensione, presenta deformazioni permanenti al di sotto dell' 1%.

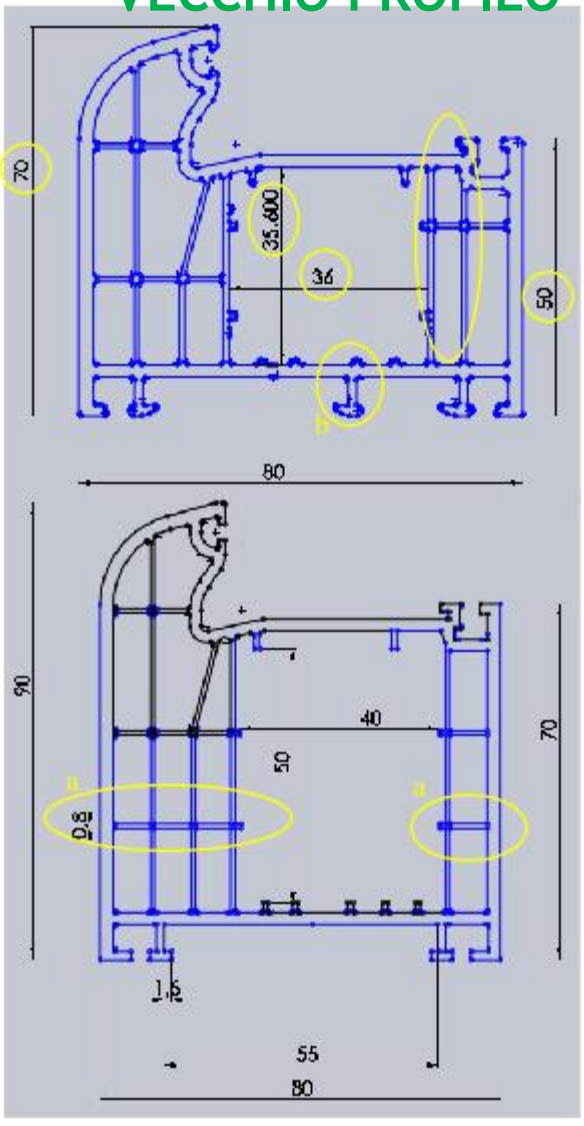
Inoltre, è ragionevole ipotizzare che una significativa quota parte delle tensioni sia sostenuta dal rinforzo e non già dal profilo in PVC.

Modifiche funzionali al profilo tradizionale

Il profilo tradizionale deve essere adattato modificandolo opportunamente affinchè possa ospitare la camera d'aria:

- Aumentare l'altezza del profilo di 20 mm per aumentare il momento di inerzia;
- Modificare le nervature del dorso del profilo: le nervarture possono essere utilizzate come guide per l'inserimento della camera pneumatica

VECCHIO PROFILO



NUOVO PROFILO

Analisi strutturale agli elementi finiti (FEM) del sistema

Una volta effettuato il dimensionamento teorico, è stato basilare validare i risultati con l'ausilio di un software di simulazione meccanica agli elementi finiti.

In questa fase dello studio si ipotizza che la camera d'aria sia costituita da materiale elastomerico. Il rinforzo del profilo è invece costruito in una lega di alluminio del gruppo 6063-O. Il profilo è in PVC.

Componente	Materiale	Densità [kg/mc]	Modulo elastico [MPa]	Resistenza a trazione [MPa]	Modulo di taglio [MPa]	Coeff di Poisson
Vetrocamera	vetro	2457	68900	----	28000	0,23
Rinforzo	allumini o	2700	69000	90,0	25800	0,33
Profilo	PVC rigido	1300	2410	40,7	867	0,38
Camera d'aria	elastom ero	1000	6,1	13,8	2,9	0,49

Modello FEM: condizioni di simulazione

I carichi che sono presi in considerazione sono:

- carico del vento: simulato tramite una pressione sulla vetratura pari a 80kg/m2;

- Pressione di regime della camera d'aria: pari a 0,5 kg/cm2;

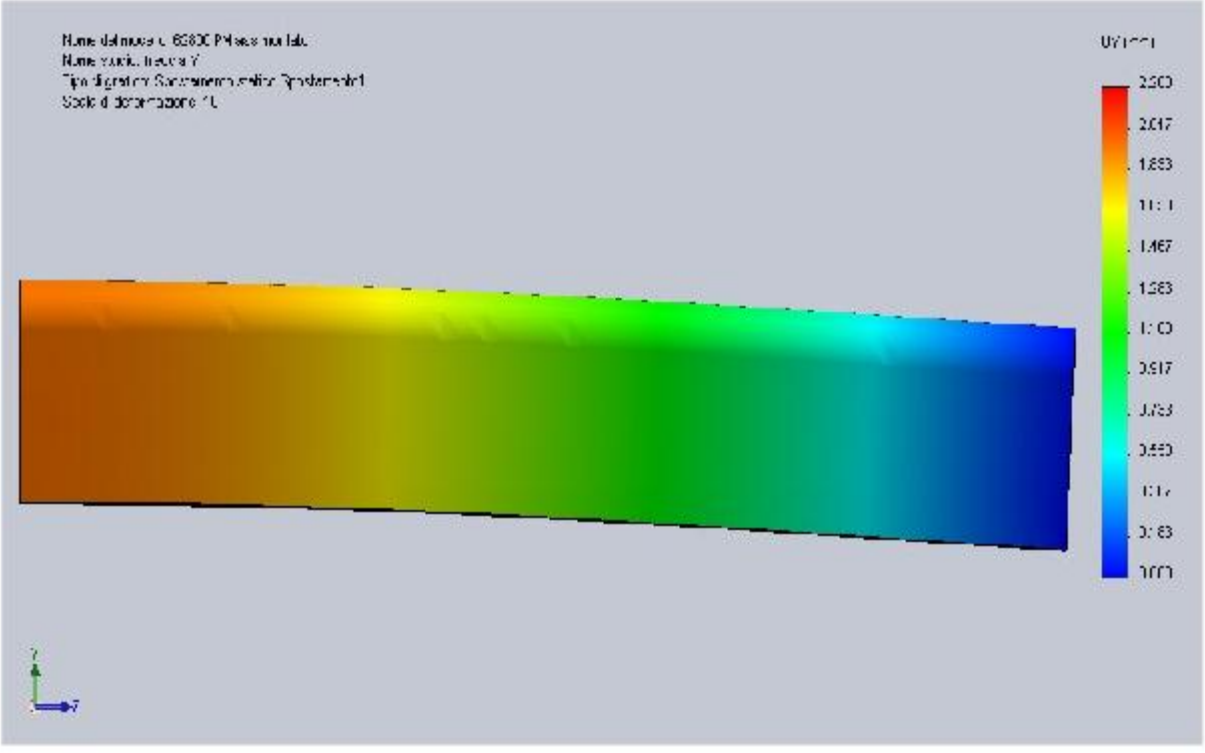
- Peso proprio del serramento: carico dovuto al peso delle ante mobili e della vetratura;

- Carico dovuto alla configurazione aperta della finestra : nascita di una forza a sbalzo rispetto al piano del serramento.

Comportamento al carico derivante dalla pressione d'esercizio

FRECCIA DI INFLESSIONE

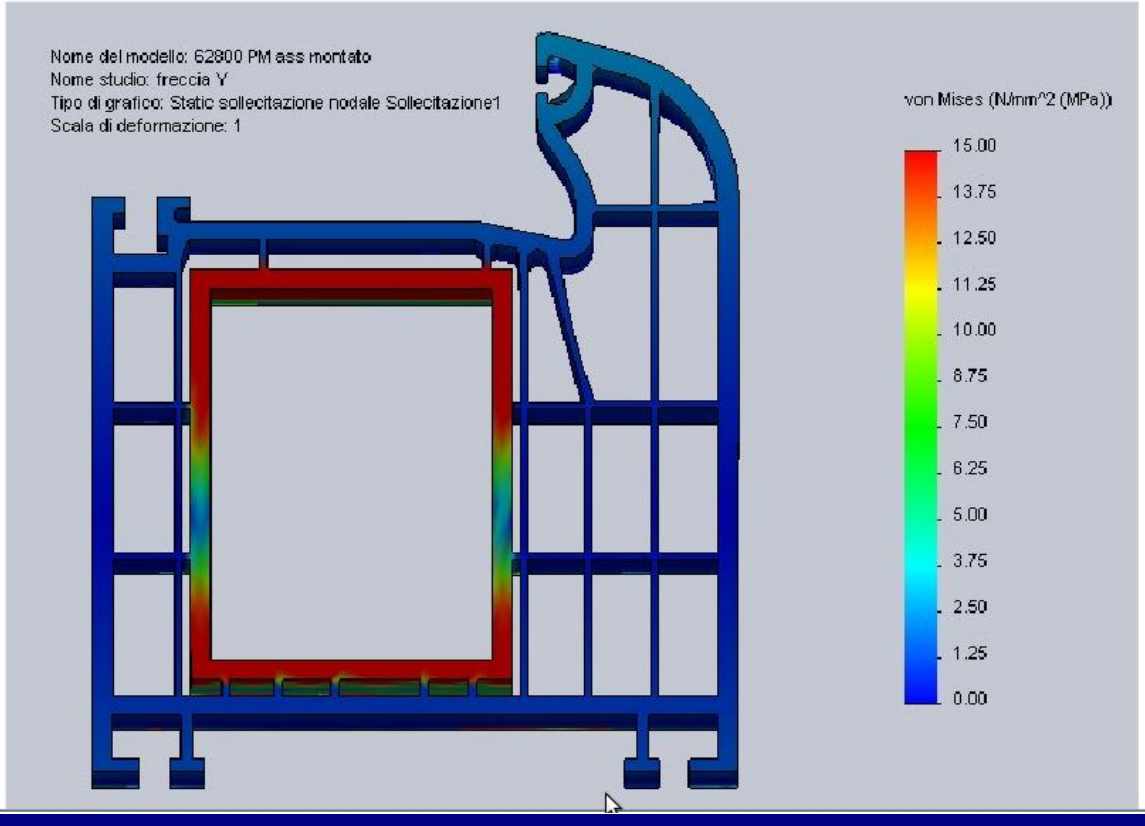
La pressione della camera d'aria genera spostamenti sostanzialmente nulli alle estremità del profilo e spostamenti massimi, dell'ordine di 2 mm nella sezione centrale.



Comportamento al carico derivante dalla pressione d'esercizio

SOLLECITAZIONI MECCANICHE

I valori assoluti delle tensioni equivalenti di rotture (Von Mises -MPa) sono inferiori alle tensioni ammissibili dei materiali che costituiscono il profilo.



La parte maggiormente sollecitata (in rosso) risulta, correttamente, il rinforzo in alluminio.

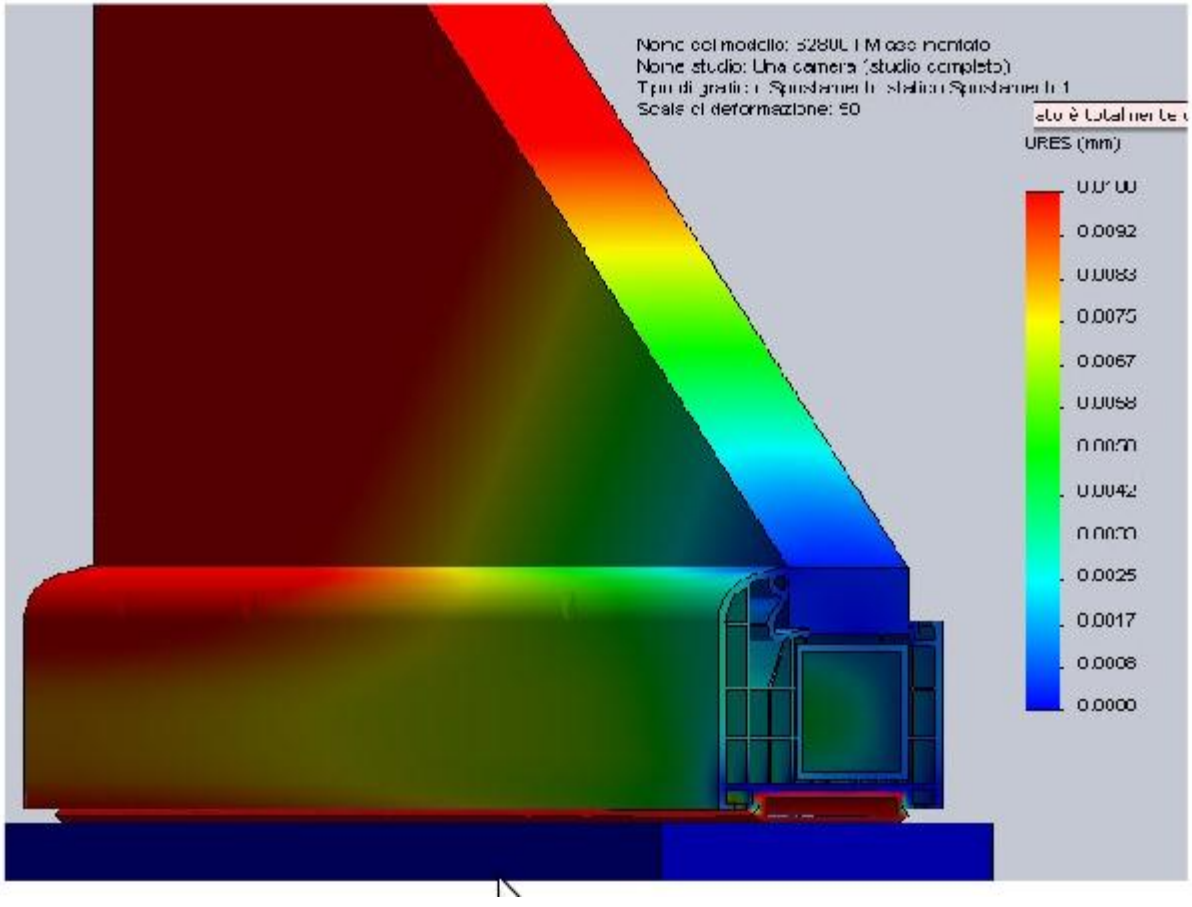
Il profilo in PVC risulta invece sostanzialmente scarico.

I valori massimi delle tensioni sono dell'ordine di 15MPa.

Reazioni al carico del vento

In questo caso le fonti di sollecitazione sono: 1) spinta del vento; 2)la pressione nella camera d'aria.

Spostamenti complessivi del sistema



Le simulazioni mostrano che si palesano gli spostamenti verso l'interno contemporaneamente ad una parziale rotazione.

Soluzione a doppia camera

Se un sistema tradizionale di fissaggio con viti è paragonabile ad un incastro dei profili, in un sistema pneumatico il vincolo è, come già anticipato, cedevole.

Si è quindi ipotizzato un sistema munito di due camere, anzichè di una sola, a sostegno dei profili.

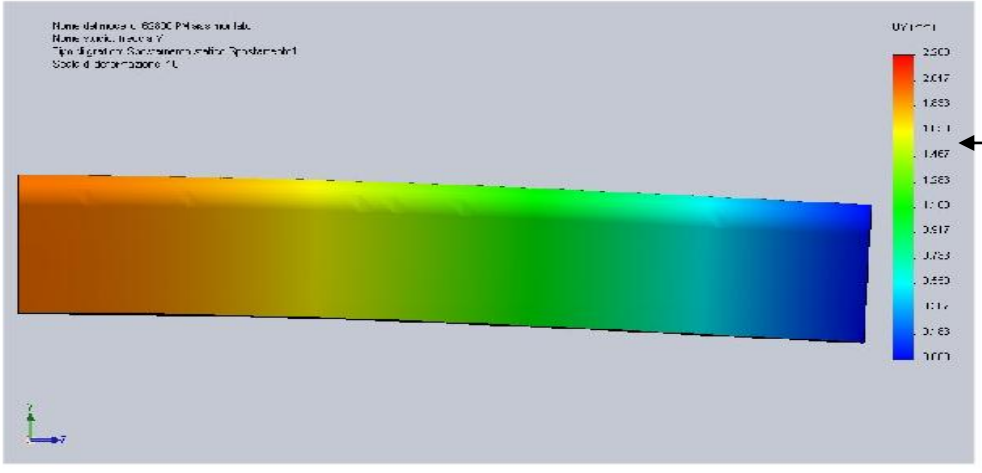
Questa modifica permette di:

1) decentrare più efficacemente la reazione dovuta allo schiacciamento della camera (e al conseguente innalzamento della pressione);

2) generare un momento riequilibrante più elevato realizzando un braccio maggiore rispetto alla soluzione con camera singola.

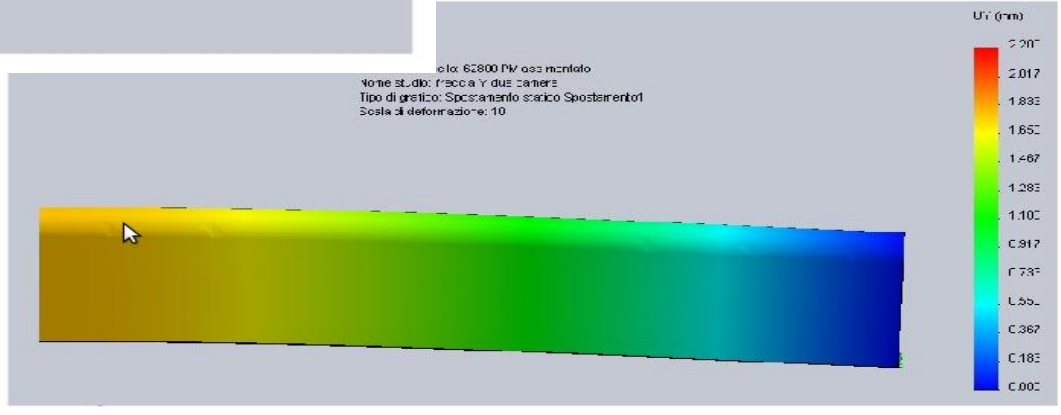
Soluzione a doppia camera: risultati

Confrontando la configurazione ad una camera e a due camere, si evince che il sistema a doppia camera presenta una freccia minore.



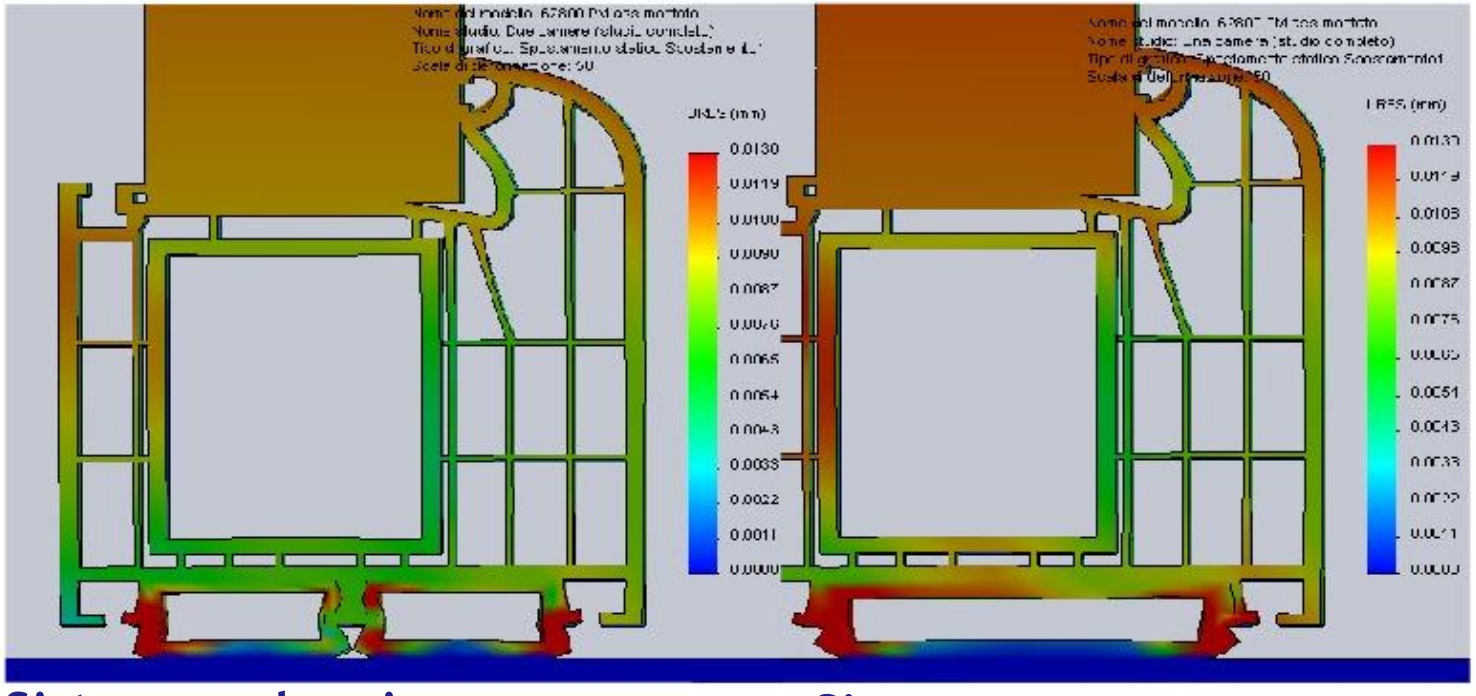
Sistema a camera singola

Sistema a doppia camera



Soluzione a doppia camera: risultati

Nella soluzione a camera singola gli spostamenti della sezione basale sono mediamente maggiori rispetto alla soluzione a doppia camera(in cui prevalgono toni verdi).



Sistema a doppia camera **Sistema a una camera**

Nel sistema a doppia camera gli spostamenti sono marcatamente inferiori lungo la sezione; ciò conferma che un sistema di questo tipo permette di migliorare il comportamento ai momenti fornendo maggiore stabilità.

Considerazioni progettuali

1) **SCELTA DEL MATERIALE:** è opportuno scegliere un materiale con modulo elastico elevato per rendere il più rigido possibile il sistema di vincolo. Occorre tuttavia mantenere una certa deformabilità del materiale al fine di adattare il sistema alla geometria della luce da tamponare. Un materiale avente modulo elastico intorno ai 6 MPa permette di avere un comportamento soddisfacente.

2) **PERMEABILITA' AI GAS:** deve essere sufficientemente bassa per permettere di mantenere la pressione della camera al valore di esercizio il più a lungo possibile e da ridurre al minimo le operazioni di manutenzione.

3) **SPOSTAMENTI RELATIVI CAMERA - PROFILO**: evitare gli spostamenti relativi tra camera e profilo (come tra muratura e camera). Ci si potrebbe avvalere di adesivi specifici oppure utilizzare una camera d'aria in PVC rinforzato con retinature in tessuto. L'omogeneità di materiale tra profilo e camera permetterebbe di termosaldare l'interfaccia dei due componenti.

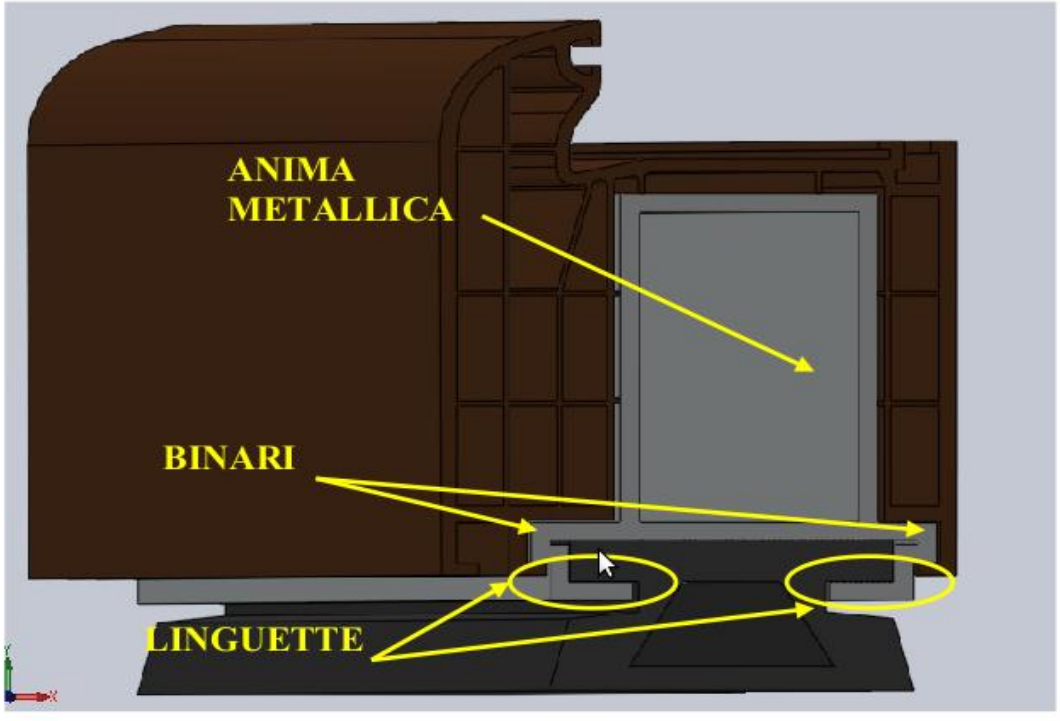
.

Considerazioni progettuali

Idea qualitativa di nuovo profilo: il profilo non ha più la chiusura dorsale, la quale viene sostituta dal rinforzo attraverso attraverso un suo prolungamento.

Il rinforzo viene dotato inoltre di due binari laterali che serviranno ad ospitare la camera d'aria. Infine la parte terminale di questi binari verrà ripiegata meccanicamente, permettendone l'ancoraggio.

L'anima metallica comprensiva della camera d'aria viene poi innestata all'interno dell'alloggiamento ricavato nel profilo e bloccata nella condizione idonea attraverso le nervature interne e di appositi riscontri.



Conclusioni

1) la **pressione** dell'aria o gas nella camera d'aria è di poche decine di kPa;

2) per il dimensionamento della pressione di gonfiaggio è fondamentale la **spinta del vento**;

3) non occorre aumentare eccessivamente il rinforzo metallico nè le **dimensioni geometriche** di un profilo tradizionale;

4) l'inserimento della camera d'aria nel profilo deve essere studiato e testato “in vivo”;

5) è basilare affrontare il problema del **trafilamento di aria** negli angoli del sistema, dove la camera d'aria risulta schiacciata;

Conclusioni

6) la **soluzione a doppia camera** risulta essere più adatta a sorreggere le sollecitazioni a sbalzo generate dalle ante;

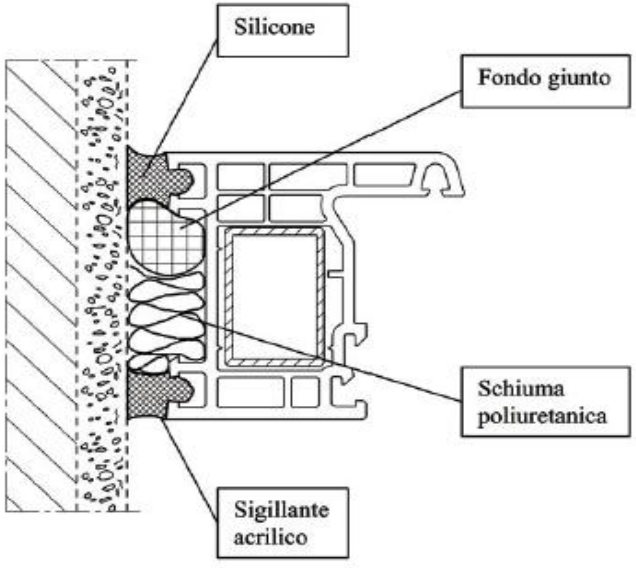
7) la camera pneumatica risulta essere efficace dal punto di vista della **trasmissione del calore**, poiché consente di attenuare in modo efficace il ponte termico tra telaio e sede di inserimento del componente trasparente;

8) sarebbe auspicabile che tale sistema sia progettato contestualmente alla sede all'interno della quale dovrà essere installato.

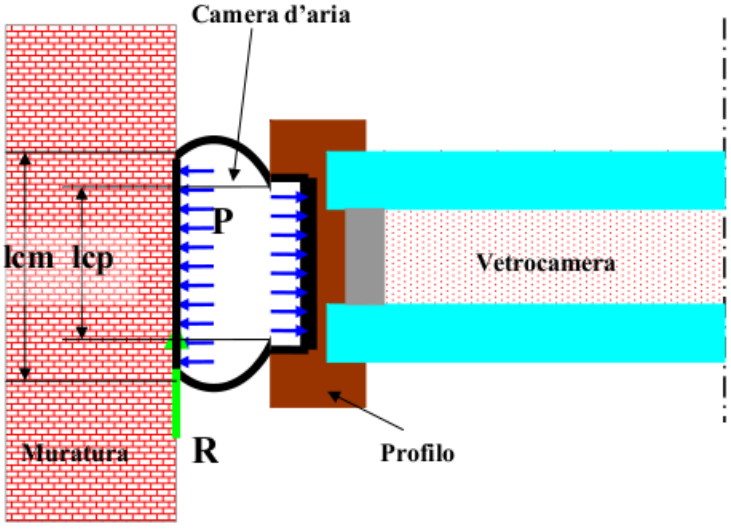
→ **SEMPLIFICAZIONE DELLA POSA IN OPERA**

Conclusioni: Confronto

SERRAMENTO TRADIZIONALE



SERRAMENTO INNOVATIVO



- Semplicità ?
- Tempi di posa ?
- Materiali di consumo ?
- Costi di installazione ?
- Durabilità ?

- Interventi di manutenzione ?
- Prestazioni: - isolamento termico
  - isolamento acustico
  - permeabilità all'aria
  - tenuta all'acqua
  - resistenza al vento

Ringraziamenti

L' INNOVAZIONE per la posa in opera nel settore del serramento in PVC è stata sviluppata con il patrocinio di Federchimica – Plastics Europe mediante la sponsorizzazione di una borsa di studio assegnata al dott. Francesco Tosi (docenti di riferimento ing. Leonardo Maffia e Dott. Marco Milanesio) nell' a.a. 2010-2011.