

Gli e-book di **Edil** **Tecnico**.it

Fabio Conato, Valentina Frighi, Laura Sacchetti

Ottimizzazione delle prestazioni di infissi e serramenti: le verifiche in cantiere



Fabio Conato, Valentina Frighi, Laura Sacchetti

Ottimizzazione delle prestazioni di infissi e serramenti: le verifiche in cantiere



Fabio Conato

Professore Associato presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Ferrara.

Valentina Frighi

Ricercatore presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Ferrara.

Laura Sacchetti

Dottoranda di ricerca IDAUP presso il Dipartimento di Architettura dell'Università di Ferrara.



© Copyright 2022 by Maggioli S.p.A.

Maggioli Editore è un marchio di Maggioli S.p.A.
Azienda con sistema di gestione qualità certificato ISO 9001:2015

47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8

Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595

www.maggiolieditore.it

e-mail: clienti.editore@maggioli.it

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

Gli Autori e l'Editore declinano ogni responsabilità per eventuali errori e/o inesattezze relativi alla elaborazione dei testi normativi e per l'eventuale modifica e/o variazione degli schemi e della modulistica allegata.

Gli Autori, pur garantendo la massima affidabilità dell'opera, non rispondono di danni derivanti dall'uso dei dati e delle notizie ivi contenuti.

L'Editore non risponde di eventuali danni causati da involontari refusi o errori di stampa.

Da sempre, in edilizia, la traduzione del progetto in effettiva realizzazione implica la necessità di passare attraverso una moltitudine di soggetti che operano in maniera eterogenea. A causa di ciò, spesso, l'intenzione progettuale rischia di non trovare esito in fase di esecuzione.

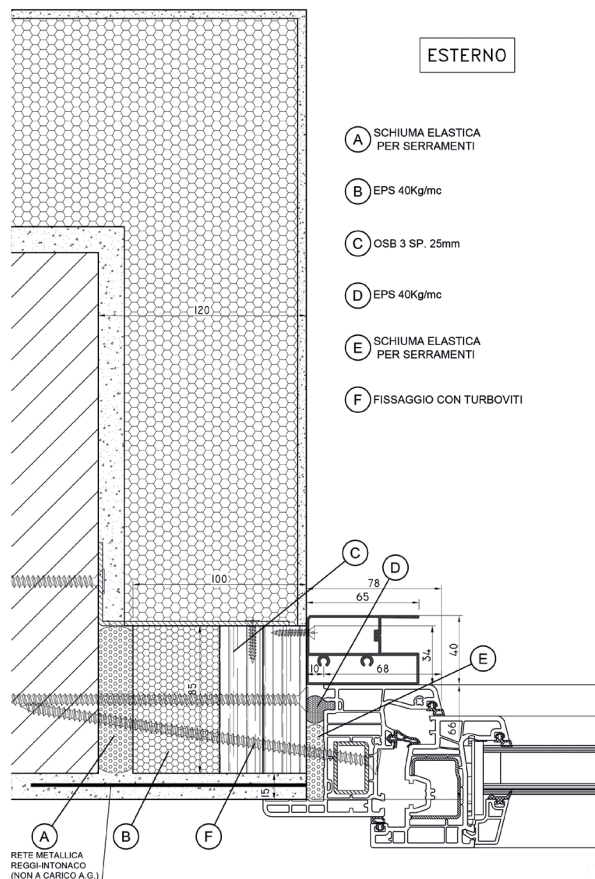


Figura 1 – Esempio di dettaglio costruttivo del nodo parete-finestra. Il disegno mostra un'adeguata strategia di sigillatura del giunto primario e secondario dell'infisso mediante schiuma elastica.

Per quanto la normativa regolamenti gli aspetti principali relativi a progettazione, produzione e montaggio dei componenti edilizi, come nel caso della UNI 11673 in materia di infissi, la corrispondenza tra prestazioni attese e loro raggiungimento dipende in realtà da una molteplicità di fattori, tra i quali la discrezionalità dei soggetti operanti, la complessità dei processi costruttivi e le insidie tipiche dei cantieri edili. Tutte queste incognite influiscono sulla realizzazione del sistema edilizio nel suo complesso, tramutando il paradigma della progettazione in quello che si potrebbe definire un *prototipo* costruito: ogni cantiere è soggetto a condizioni diverse, determinate dalla specificità del contesto di applicazione, e ciò fa sì che ogni dettaglio costruito debba essere testato in opera di volta in volta. Tuttavia, le tempistiche del cantiere non consentono la realizzazione di test in fase preliminare rispetto al completamento dell'opera; la verifica deve pertanto configurarsi come un processo trasversale alle diverse fasi. Attraverso l'esecuzione di prove, necessarie all'ottimizzazione del prototipo, è possibile prevedere interventi riparatori non codificati dalla normativa, nel tentativo di avvicinarsi quanto più possibile alla performance prevista.

Il presente e-book analizza il caso degli infissi, indagando il ruolo della normativa come strumento di codifica di obiettivi prestazionali, il cui conseguimento passa attraverso soluzioni alternative, frutto dell'ottimizzazione del risultato grazie al costante processo di verifica sul campo.



Figura 2 – Preparazione della bucatura per la posa in opera dell'infisso mediante sigillatura dei giunti con nastri multifunzione e MS polimero. Foto di SistemaBisacchi, via Licenze Creative Commons (disponibile al sito: <https://www.blogbisacchi.it/montaggio-infissi/>)

In edilizia, la traduzione del progetto in effettiva realizzazione implica la necessità di passare attraverso una moltitudine di soggetti che operano con eterogenea discrezionalità. A causa di ciò, spesso l'intenzione progettuale, auspicabilmente sinonimo di ricerca volta a garantire la qualità del risultato architettonico, rischia di non trovare esito in fase di esecuzione; ciò determina, di conseguenza, l'impossibilità di prevedere *a priori* e soprattutto di controllare la qualità e le prestazioni del prodotto finito.

L'impegno normativo profuso negli ultimi anni al fine di regolamentare la corretta posa in opera dei diversi componenti edilizi è chiara espressione della necessità di fornire risposte operative a tale criticità, attraverso la definizione di standard di qualità e protocolli di buona condotta per la gestione del cantiere, verso una corretta interpretazione della definizione di costruire "a regola d'arte".



Figura 3 – Preparazione della strumentazione per l'avvio del Blower Door Test. In particolare, l'immagine è riferita al manometro, strumento utile per la misurazione e il controllo della pressione interna al/ai locale/i di cui si vuole valutare l'ermeticità.
Foto degli autori

Un esempio virtuoso è costituito dalla normativa UNI 11673 che “*definisce le metodologie di verifica dei requisiti di base dell'esecuzione della posa in opera dei serramenti, fornendo indicazioni di carattere documentale, analitico e sperimentale anche ai fini del collaudo in opera*” (UNI) onde evitare un decadimento prestazionale rispetto a quanto dichiarato dal produttore. Lo sviluppo di questa normativa, nell'arco degli ultimi cinque anni ⁽¹⁾ ha inoltre contribuito a delineare un nuovo approccio alla realizzazione degli infissi. Tuttavia, per quanto essa regolamenti gli aspetti principali relativi a progettazione, produzione e montaggio dei serramenti, discernendo le responsabilità dei soggetti coinvolti in tale processo di realizzazione, è evidente che al fine di raggiungere gli obiettivi prefissati sia necessario mettere in pratica approcci e protocolli che ne garantiscano il rispetto. La vera partita, dunque, si gioca ancora e di fatto in cantiere

1. La normativa si compone delle seguenti parti:

- UNI 11673-1: “Posa in opera di serramenti – Parte 1: Requisiti e criteri di verifica della progettazione”;
- UNI 11673-2: “Posa in opera di serramenti – Parte 2: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza del posatore di serramenti”;
- UNI 11673-3: “Posa in opera di serramenti – Parte 3: Requisiti minimi per l'erogazione di corsi di istruzione e formazione non formale per installatori/posatori di serramenti”;
- UNI 11673-4: “Posa in opera di serramenti – Parte 4: Requisiti e criteri di verifica dell'esecuzione”.



Figura 4 – Indagine con termocamera svolta durante Blower Door Test. Tale verifica evidenzia la differenza di temperatura tra la parete e il giunto primario, dovuta a criticità legate a discontinuità termica e infiltrazioni d'aria. Foto degli autori

La corrispondenza tra prestazioni attese e loro raggiungimento dipende infatti da una molteplicità di fattori che rendono tutt'altro che lineare la trasposizione dei principi tecnici nella prassi realizzativa: tali fattori includono l'eterogeneità dei soggetti operanti, la varietà e la complessità dei componenti edilizi coinvolti nei processi, nonché le diverse insidie che possono insorgere nell'esecuzione. Nel caso degli infissi, ad esempio, gli attori coinvolti nel processo di progettazione e successiva realizzazione sono molteplici:

- 1) il **progettista**, cui è in capo la responsabilità di definire, secondo la normativa, il livello prestazionale richiesto ai componenti, individuando soluzioni conformi agli obiettivi architettonici di progetto, da un lato, e dall'altro al raggiungimento del benessere degli utenti negli ambienti interni;
- 2) il **serramentista**, che deve possedere le competenze tecniche necessarie per costruire quanto progettato nel dettaglio, scegliendo i prodotti adeguati alla posa e avvalendosi eventualmente del contributo di aziende specifiche (ad es. aziende produttrici di controtelai);
- 3) il **posatore**, il quale deve rispettare le prescrizioni del/i produttore/i dei diversi componenti e materiali utilizzati.

In aggiunta a questi soggetti troviamo l'*impresa costruttrice* e il *direttore dei lavori*, anch'essi parte della complessa macchina rappresentata dal cantiere. Tutti questi attori con ruoli, posizioni, competenze e capacità economiche differenti devono dialogare e coordinarsi tra loro per il raggiungimento degli obiettivi; al contempo però nessuno di essi è direttamente responsabile del rispetto della normativa.



Figura 5 – Indagine con sonda anemometrica a filo caldo svolta durante Blower Door Test. La prova permette di verificare la velocità del flusso d'aria e dunque l'entità delle infiltrazioni d'aria. Foto degli autori

In aggiunta a ciò, vi è la complessità intrinseca nella progettazione del nodo specifico, caratterizzato da una molteplicità di aspetti da tenere sotto controllo.

Come la stessa norma UNI 11673 riporta, infatti, la progettazione del serramento va effettuata a tre livelli: interno, intermedio ed esterno. Ciò vale per tutti i giunti che costituiscono l'interfaccia tra le diverse parti, responsabili del mantenimento delle proprietà del serramento anche nei punti di discontinuità.

Il *giunto primario* costituisce l'interfaccia tra la muratura e il controtelaio. Ha il ruolo principale di garantire la risposta dell'infisso alle diverse sollecitazioni meccaniche, come la pressione esercitata dal vento. Le criticità che si riscontrano nella sua realizzazione sono prevalentemente dovute all'irregolarità della superficie di posa costituita dalla bucatura, specialmente quando le dimensioni dell'imbotte vengano modificate in un secondo momento.

Il *giunto secondario* costituisce invece il collegamento tra controtelaio e telaio fisso. Esso garantisce, oltre alla sigillatura del nodo, anche la corretta trasmissione delle sollecitazioni dal serramento al controtelaio. In questo caso, una particolare attenzione va posta al corretto fissaggio meccanico del telaio, alla verifica della sigillatura e alla finitura del giunto.

Per entrambi i giunti, oltre alla sufficiente resistenza meccanica, è fondamentale garantire le prestazioni di isolamento termico, acustico, tenuta all'aria e all'acqua e permeabilità al vapore. Ciò

avviene attraverso ulteriori accorgimenti, che si sommano ai precedenti. Ad esempio, l'uso di *schiume poliuretaniche*, se correttamente posate in opera in maniera omogenea, impedisce il passaggio del flusso termico e crea la necessaria discontinuità tra interno ed esterno, così come il disaccoppiamento tra telai per l'isolamento acustico dell'infisso. O ancora, l'impiego di *pellicole polimeriche* a permeabilità controllata e/o di *nastri autoespandenti* a base poliuretanica consente rispettivamente di gestire il passaggio di vapore tra interno ed esterno e di evitare infiltrazioni di acqua e aria nei punti di discontinuità.

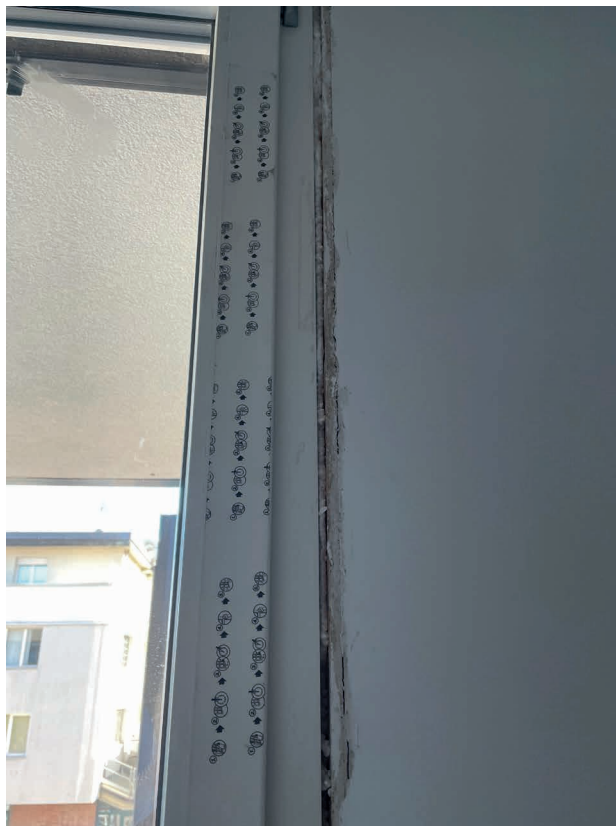


Figura 6 – A seguito del Blower Door Test si ricercano le cause delle criticità riscontrate. In questo caso, la differenza termica evidenziata mediante indagine termografica è attribuita alla posa non accurata della schiuma poliuretanica con funzione di sigillatura dei giunti. Foto degli autori

Va detto infine che tra le potenziali cause di mancata corrispondenza tra le caratteristiche di fabbrica e quelle del prodotto installato vi sono gli imprevisti del cantiere, dovuti tanto all'imperizia e alla soggettività degli addetti operanti, che stentano talvolta ad adeguarsi alle direttive progettuali rese cogenti dal direttore dei lavori, quanto alle difficoltà intrinseche legate al connaturato margine di errore delle diverse lavorazioni: di fatto, la realizzazione di alcune opere edilizie, per quanto sapientemente eseguite, ha un grado di incertezza piuttosto elevato. Prendiamo ad esempio l'imbotte di una finestra molto ampia, per il quale la necessità di connettere il sistema murario al controtelaio si scontra con le caratteristiche dei materiali a disposizione, come i nastri autoespan-

denti, di spessore millimetrico, che presuppongono un'elevata precisione nella misurazione e realizzazione del giunto.

Tutte queste incognite influenzano il processo di realizzazione di un'opera architettonica, tramutando il paradigma della progettazione in quello che si potrebbe definire un *prototipo* costruito: ogni cantiere rappresenta dunque un insieme complesso di azioni che, per quanto analitiche e consequenziali, non vengono mai ripetute tali e quali in contesti differenti. All'aleatorietà delle variabili analizzate si aggiunge poi il fatto che ogni organismo edilizio è soggetto a condizioni diverse, determinate dalla specificità del contesto di applicazione, quali ad esempio le caratteristiche climatiche e microclimatiche, quelle culturali, sociali ed economiche legate all'utenza, così come alle volontà espressive e architettoniche del progettista.

Tutto ciò fa sì che ogni prototipo debba necessariamente essere testato in opera di volta in volta. Tuttavia, le tempistiche del cantiere non sempre consentono la realizzazione di test in fase preliminare rispetto al completamento dell'opera. La verifica deve pertanto configurarsi come un processo trasversale alle diverse fasi, dalla progettazione all'esecuzione. Nello specifico caso dei serramenti, ad esempio, il progettista deve occuparsi di verificare precocemente la corrispondenza della soluzione studiata attraverso il dettaglio costruttivo con i prodotti e i componenti proposti dall'infissista. Successivamente, durante la fase esecutiva, sarà necessario controllare le operazioni volte alla predisposizione delle condizioni di posa dell'infisso. Solo in un secondo momento poi, a esecuzione ultimata, verranno eseguiti i test sul sistema nella sua totalità. Tali verifiche non hanno solo lo scopo di valutare la rispondenza del prototipo alle prestazioni attese, bensì sono necessarie per l'individuazione di eventuali criticità e per la conseguente messa a punto di interventi riparatori. È opportuno evidenziare che i metodi di risoluzione delle criticità non sono codificati dalla normativa, ma rispondono alla discrezionalità del progettista e sono legati alla specificità del contesto di riferimento. Il ruolo essenziale di questo passaggio risiede dunque proprio nell'ottimizzazione del prototipo, nel tentativo di avvicinarsi quanto più possibile alla performance prevista.

A tal proposito, la quarta e ultima parte della normativa UNI 11673, pubblicata a marzo 2021, tratta proprio il tema dei criteri di verifica dell'esecuzione degli infissi, focalizzando l'attenzione sull'importanza dei test nel monitoraggio dell'efficacia della posa in opera. Tra le diverse possibilità prospettate per il controllo dei parametri prestazionali, in riferimento all'isolamento termico, acustico, alla tenuta all'acqua e all'aria, si identifica il *Blower Door Test* come opportuno metodo di verifica dell'ermeticità del nodo infisso-parete. Tale prova di collaudo è descritta nella normativa dal punto di vista documentale, analitico e sperimentale. Il test prevede la pressurizzazione (o più spesso la depressurizzazione) di un ambiente o di un insieme di ambienti tramite un ventilatore, posizionato insieme a un telaio regolabile in alluminio e a un telo di nylon sulla porta di accesso al/i locale/i sottoposto/i a test. La creazione di una notevole, uniforme e controllata differenza di pressione tra interno ed esterno, misurata e gestita attraverso un manometro, consente di quantificare le perdite per ventilazione attraverso l'involucro, mentre le indagini svolte mediante termocamera, *smoke pen* e sonda anemometrica lungo i giunti perimetrali dell'infisso permettono di localizzarle con precisione. In questo modo, è possibile verificare l'efficacia della sigillatura nelle connessioni tra componenti eterogenei e risolvere eventuali problematiche diffuse prima che insorgano danni materiali o che venga compromesso il comfort ambientale interno.

In un caso reale che ha visto l'avvicinarsi di diverse imprese costruttive nonché il coinvolgimento di una molteplicità di soggetti, le diverse attività di verifica in opera sopra descritte hanno permesso di evidenziare diversi aspetti critici conseguenti al completamento della posa degli infissi: in primo luogo, le indagini termografiche e l'analisi della velocità del flusso d'aria effettuata mediante l'utilizzo di un anemometro a filo caldo hanno permesso di individuare la presenza di infil-

trazioni diffuse linearmente lungo il giunto primario, quello cioè tra serramento e muratura. Grazie a ciò, è stata riscontrata una posa errata della schiuma poliuretanica, le cui cause sono probabilmente da imputare alla scarsa vaporizzazione di acqua nel giunto prima della sua applicazione. La seconda attività di investigazione portata avanti con il Blower Door Test ha evidenziato una problematica simile, seppur localizzata puntualmente lungo il giunto primario. A seguito di un approfondimento è stato possibile riscontrare la carenza di materiale poliuretanico in corrispondenza dei punti nei quali vi erano infiltrazioni d'aria, dovuta ad una posa non accurata. È stata dunque prevista un'ulteriore sigillatura del giunto mediante l'impiego di MS Polimero, un materiale sigillante fluido capace di aderire perfettamente alle superfici di posa.

Tale esempio permette di affermare la fondamentale importanza del processo di verifica che deve accompagnare la trasposizione di una soluzione progettuale, seppur estremamente dettagliata, in una soluzione costruita, affinché vengano garantiti standard elevati di comfort ed efficienza energetica e, soprattutto, vengano mantenuti nel tempo.

In conclusione, dunque, è interessante riflettere sul ruolo che la normativa, in vigore ormai da un quinquennio, assume in rapporto alla prassi realizzativa del cantiere. Come si è visto, un apparato normativo strutturato, come ad esempio la UNI 11673 per gli infissi, non è del tutto sufficiente ad assicurare la rispondenza di quanto realizzato alle caratteristiche prestazionali attese. Infatti, l'aleatorietà delle variabili in gioco è tale da imporre la necessità di un costante sistema di verifica e valutazione delle proprietà dei componenti in opera, del quale si deve necessariamente tenere conto fin dalle prime fasi di progettazione. La previsione, nelle voci di spesa, di tutti gli accorgimenti necessari al controllo della corretta posa dei diversi elementi (compreso il concordare con i soggetti coinvolti la conformità della prassi costruttiva alle regole del buon costruire) dovrebbe divenire parte integrante delle responsabilità del progettista, consapevole di dover ottemperare agli obiettivi di qualità ed efficienza energetica preposti dalle normative vigenti. Il collaudo in cantiere, se sfruttato efficacemente, consente di ottimizzare il risultato mediante interventi localizzati, non codificati dalla norma e tesi a ricondurre i componenti edilizi alla soluzione paradigmatica ideale, avvicinando il più possibile le prestazioni reali a quanto atteso. Tali soluzioni ambiscono a superare il limite insito nelle soluzioni cosiddette conformi, non seguendo di fatto un protocollo univoco, bensì costituendo, di fatto, un nuovo prototipo, al quale possono tutt'al più applicarsi buone pratiche indicate dall'esperienza, da adattare caso per caso alle variabili specifiche; esse non fanno riferimento alla norma, ma sono finalizzate a riportare la qualità del costruito a quella prescritta dalle direttive. In questo senso, quindi, nella prassi esecutiva spesso accade che i requisiti e i protocolli imposti dalle normative non garantiscano la qualità dell'opera, la quale è soggetta a una moltitudine di variabili e discrezionalità. Essi costituiscono piuttosto uno strumento di codifica di obiettivi prestazionali il cui conseguimento passa attraverso soluzioni alternative, frutto dell'ottimizzazione del risultato grazie al costante processo di verifica sul campo.

Bibliografia

- [1] ALSistem, *Manuale di posa per serramenti*, disponibile al seguente link: <https://docplayer.it/19319585-Sistemi-per-serramenti-e-facciate-continue-in-alluminio-manuale-di-posa-per-serramenti-window-door-installation-instructions-alsistem.html>.
- [2] ALSistem, *UNI 11673-1 Posa in opera di serramenti Parte 1: Requisiti e criteri di verifica della progettazione*, disponibile al seguente link: <https://www.alcaserramentialluminio.it/pdf/thermoposa-UNI-11673-1.pdf>.
- [3] ARBIZZANI E. (2015), *Tecnica e tecnologia dei sistemi edilizi. Progetto e costruzione*, Maggioli Editore, Rimini.
- [4] CasaClima (2015), *Criteri per l'esecuzione delle prove di tenuta all'aria (Blower Door Test)*, Bolzano.
- [5] CONATO F., FRIGHI V. (2017) "Il controllo prestazionale nell'involucro edilizio", in *L'Ufficio Tecnico*, n.7-8/2017, Maggioli Editore, pp. 10-15.
- [6] KEEFE D. (2010), "Blower Door Testing", in *Journal of Light Construction*, n. 01/2010, disponibile al seguente link: <https://www.jlconline.com/magazine/2010/january/>.
- [7] LANZONI D. (2012), *Diagnosi e certificazione energetica: prove strumentali sugli edifici*, Maggioli Editore, Rimini.

[8] LUCCHI E. (2013), *Diagnosi energetica strumentale degli edifici. Termografia e analisi non distruttive*, Dario Flaccovio Editore, Palermo.

[9] NASTRI, M. (2016), "Cultura esecutiva e gestione progetto tecnico. 2ª parte" in *Serramenti+Design*, n. 2/2016, pp. 54-59.

[10] UNI 11673-1:2017, *Posa in opera di serramenti – Parte 1: Requisiti e criteri di verifica della progettazione*, disponibile al seguente link: <http://store.uni.com/catalogo/uni-11673-1-2017>.

[11] UNI 11673-4:2021, *Posa in opera di serramenti - Parte 4: Requisiti e criteri di verifica dell'esecuzione*, disponibile al seguente link: <http://store.uni.com/catalogo/uni-11673-4-2021>.