

La guida del vetro

Guida pratica

alla conoscenza, installazione e manutenzione del vetro

Sommario

1. INFORMAZIONI GENERALI.....	4
1.1. PREMESSA.....	4
1.2. RESPONSABILITÀ.....	4
1.3. STRUTTURA MANUALE OPERATIVO	4
1.4. UTILIZZO DEL MANUALE.....	5
1.5. DATI DEL MANUALE.....	5
1.6. MODIFICHE RISPETTO ALLA REVISIONE PRECEDENTE.....	5
1.7. DESTINATARI.....	5
1.8. CAMPO DI APPLICAZIONE.....	6
1.9. CONVENZIONI TERMINOLOGICHE	6
1.10. CONVENZIONI TIPOGRAFICHE	7
1.11. SEGNALETICA DI INFORMAZIONE.....	8
1.11.1. SEGNALETICA APPLICABILE AL CANTIERE DI POSA.....	9
2. INFORMAZIONI DI SICUREZZA	10
3. CONOSCENZA DEL MATERIALE	11
3.1. IL MATERIALE VETRO	11
3.2. COMPOSIZIONE CHIMICA DEL VETRO	12
3.3. PRINCIPALI TIPOLOGIE DI VETRO.....	12
3.4. RICICLO ED ECOSOSTENIBILITA'	14
3.5. PRODUZIONE DEL VETRO PIANO	16
4. TIPOLOGIE DI MATERIALE	20
4.1. VETRO FLOAT	20
4.2. VETRO STAMPATO.....	21
4.3. VETRO STRATIFICATO	22
4.3.1. VETRI ANTIFERITA e ANTICADUTA.....	25
4.3.2. VETRI ANTIVANDALISMO – ANTICRIMINE.....	27
4.3.3. VETRI ANTIPROIETTILE.....	29
4.3.4. VETRI ANTIESPLOSIONE	32
4.3.5. VETRI ANTIURAGANO	36
4.3.6. TIPOLOGIE DI PLASTICO.....	37
4.4. VETRO TEMPRATO.....	40
4.4.1. MARCHIO DI TEMPRA E MARCATURA CE DEL VETRO TEMPRATO.....	49

4.5.	VETRO INDURITO	50
4.6.	HEAT SOAK TEST (HST)	53
4.7.	VETRO “PORTANTE”	55
4.8.	VETRATE ANTISDRUCCIOLO.....	56
4.9.	VETRATE ISOLANTI (vetrocamera).....	57
4.9.1.	APPELLATIVI DEL VETROCAMERA E MARCATURA CE.....	58
4.9.2.	DISTANZIATORI A BORDO CALDO E BORDO FREDDO.....	59
4.9.3.	SIGILLANTI.....	63
4.9.4.	VALVOLE ALTIMETRICHE E TUBI CAPILLARI	63
4.10.	VETROCAMERA SOTTOVUOTO	65
4.11.	VETROCAMERA CON TENDA INTERNA	66
4.11.1.	TIPOLOGIE DI TENDA E FUNZIONAMENTO.....	67
4.11.2.	MANUTENZIONE.....	68
4.11.3.	CRITERI DI ACCETTABILITA’ DEI DIFETTI	68
4.11.4.	TRASPORTO E POSA VETRO CON VENEZIANE	72
4.12.	VETRI COATIZZATI.....	73
4.12.1.	SCELTA DEI MATERIALI	73
4.12.2.	METODI CHIMICI.....	74
4.12.3.	METODI FISICI	75
4.12.4.	I VALORI U, K, R.....	75
4.12.5.	VETRI BASSO EMISSIVI.....	76
4.12.6.	VETRI A CONTROLLO SOLARE	78
5.	TIPOLOGIE DI LAVORAZIONE.....	79
5.1.	TAGLIO.....	79
5.2.	INCISIONE	79
5.3.	MOLATURA	80
5.4.	SABBIATURA	80
5.5.	ACIDATURA.....	81
5.6.	FORATURA	81
5.7.	CURVATURA.....	81
5.8.	INCOLLAGGIO UV.....	81
5.9.	VERNICIATURA.....	82
5.10.	SMALTATURA.....	82
5.11.	ARGENTATURA	82

5.12.	SERIGRAFIA	82
6.	RISVOLTI NORMATIVI	83
6.1.	UNI 7697:2015 Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie	83
6.2.	UNI EN 12600 VETRI DI SICUREZZA	84
6.3.	REGOLAMENTO EUROPEO CPR 305/2011 E MARCATURA CE.....	86
7.	TRASPORTO E STOCCAGGIO IN CANTIERE	87
8.	MESSA IN OPERA	88
9.	PULIZIA	90
10.	INTERAZIONI CHIMICHE	92
11.	SALDATURE BITUMAZIONE E TAGLIO CON FLESSIBILE	92
12.	CONDENSAZIONE.....	93
12.1.	CONDENSA ESTERNA ALLA FINESTRA.....	93
12.2.	CONDENSA INTERNA ALL'ABITAZIONE	94
12.3.	CONDENSA INTERNA AL VETROCAMERA	95
13.	SHOCK TERMICO.....	97
13.1.	FATTORI CHE INFLUENZANO LO STRESS TERMICO.....	98
14.	QUALITA' OTTICA E INDICI DI TOLLERABILITA'	101
14.1.	VETRATE ISOLANTI.....	101
14.1.1.	METODO DI ESAME	101
14.1.2.	ASPETTI VISIVI TOLLERABILI.....	102
14.1.3.	FENOMENI FISICI E CRITERI DI ACCETTAZIONE	106
14.1.4.	SIGILLATURA PERIMETRALE.....	107
14.2.	VERIFICA OTTICA E DIFETTOLOGICA DEL VETRO TEMPRATO.....	108
14.2.1.	ONDE DEL RULLO	109
14.2.2.	ANISOTROPIA (IRIDESCENZA)	109
14.2.3.	INCURVAMENTO.....	109
14.3.	VERIFICA OTTICA E DIFETTOLOGICA DEL VETRO STRATIFICATO	110
15.	DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE (DoP).....	113
16.	DECRETO DEI MINIMI.....	115
17.	FATTURAZIONE NEL MONDO VETRO	117

1. INFORMAZIONI GENERALI

1.1. PREMESSA

Il presente Manuale per l'uso e la manutenzione è parte integrante del prodotto ed ha lo scopo di fornire tutte le informazioni necessarie per:

- Istruire e sensibilizzare gli operatori alle problematiche della sicurezza;
- Installare il prodotto in modo corretto;
- Utilizzare il prodotto in condizioni di sicurezza;
- Conoscere le prestazioni e i suoi limiti;
- Effettuare interventi di manutenzione, in modo corretto e sicuro;
- Smantellare il prodotto in condizioni di sicurezza e nel rispetto delle norme vigenti a tutela della salute dei lavoratori, degli utilizzatori e dell'ambiente.

1.2. RESPONSABILITÀ

L'azienda non si assume alcuna responsabilità per eventuali danni a persone, animali o cose derivanti dal mancato rispetto delle norme di sicurezza, dalle disposizioni normative in vigore e dalle raccomandazioni contenute nella presente documentazione.

1.3. STRUTTURA MANUALE OPERATIVO

Il presente manuale costituisce un elaborato utile alla conoscenza del vetro, ma anche un valido strumento per apprendere le modalità di utilizzo e manutenzione dello stesso. In caso di difficoltà di comprensione non esitare a contattare il Fabbricante al fine di ottenere tutte quelle informazioni che consentono di utilizzare al meglio il prodotto, sempre agendo in condizioni di sicurezza. Rimane inteso che quanto contenuto nel presente manuale è indicativo e non esaustivo.

Il presente manuale d'installazione, uso e manutenzione è costituito dai seguenti capitoli:

- Informazioni generali;
- Informazioni di sicurezza;
- Conoscenza del materiale;
- Tipologie di materiali;
- Tipologie di lavorazioni;
- Risvolti normativi;
- Trasporto e stoccaggio;

- Messa in opera;
- Pulizia;
- Interazioni chimiche;
- Saldatura, bitumazione e taglio con flessibile;
- Condensazione;
- Shock termico;
- Qualità ottica e indici di tollerabilità;
- Dichiarazione di prestazione;
- Decreto dei minimi;
- Fatturazione nel mondo vetro.

Il manuale si riferisce lo stato della tecnica alla data della presente edizione.

1.4. UTILIZZO DEL MANUALE

Per qualsiasi operazione di trasporto, installazione, utilizzo, manutenzione e smaltimento consultare il corrispondente capitolo di questo manuale.

1.5. DATI DEL MANUALE

- Revisione: 00;
- Data di pubblicazione: Giugno 2016.

Il fabbricante si riserva la facoltà di modificare in tutto o in parte il presente manuale.

1.6. MODIFICHE RISPETTO ALLA REVISIONE PRECEDENTE

- Nessuna.

1.7. DESTINATARI

- Progettisti;
- Rivenditori;
- Trasportatori;
- Installatori;
- Responsabili della Sicurezza;
- Direzione Lavori;
- Utilizzatori;
- Responsabili della manutenzione.

1.8. CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente manuale è destinato all'applicazione del vetro in edilizia e nelle costruzioni.

1.9. CONVENZIONI TERMINOLOGICHE

Ambiente esterno: spazio aperto o ambiente esterno al luogo di lavoro o all'abitazione.

Ambiente interno: spazio chiuso, luogo circoscritto.

Dispositivo di protezione: dispositivo (diverso da un riparo) che riduce il rischio, da solo o associato ad un riparo.

DPI: Dispositivi di Protezione Individuale.

Macchina: insieme equipaggiato o destinato ad essere equipaggiato di un sistema di azionamento diverso dalla forza umana o animale diretta, composto di parti o di componenti, di cui almeno uno mobile, collegati tra loro solidamente per un'applicazione ben determinata.

Operatore: la o le persone incaricate di installare, regolare, pulire, riparare, movimentare un vetro o di eseguirne la manutenzione o pulizia.

Pericolo: una potenziale fonte di lesione o danno alla salute.

Persona esposta: qualsiasi persona che si trovi interamente o in parte in una zona pericolosa.

Personale qualificato: quelle persone che, per la loro formazione, esperienza e istruzione, nonché per la loro conoscenza delle relative norme, prescrizioni e provvedimenti, sono state autorizzate ad eseguire attività.

Riparo: elemento della macchina utilizzato specificamente per garantire la protezione tramite una barriera materiale.

Rischio: combinazione della probabilità e della gravità di una lesione o di un danno per la salute che possano insorgere in una situazione pericolosa.

Uso previsto: l'uso del prodotto conformemente alle informazioni fornite nelle istruzioni per l'uso.

Uso scorretto ragionevolmente prevedibile: l'uso del prodotto in un modo diverso da quello indicato nelle istruzioni per l'uso, ma che può derivare dal comportamento umano facilmente prevedibile.

Zona pericolosa: qualsiasi zona all'interno e/o in prossimità di un vetro in cui la presenza di una persona costituisca un rischio per la sicurezza e la salute di detta persona.

1.10. CONVENZIONI TIPOGRAFICHE

Testo in grassetto: Indica il titolo di un capitolo, un paragrafo, un sotto paragrafo di questo manuale, o di un'altra pubblicazione di riferimento.

Testo in corsivo: Indica il titolo di una tabella o una figura di questo manuale, o di un'altra pubblicazione di riferimento.



NOTA

Le note contengono informazioni importanti, evidenziate al di fuori del testo cui si riferiscono.



ATTENZIONE

Le indicazioni di attenzione indicano quelle procedure la cui mancata o parziale osservanza può produrre danni alla macchina o alle apparecchiature ad essa collegate.



PERICOLO

Le indicazioni di pericolo indicano quelle procedure la cui mancata o parziale osservanza può produrre lesioni o danni alla salute dell'operatore.



MANUTENZIONE

Le indicazioni di manutenzione indicano quelle procedure da attuare al fine di salvaguardare la funzionalità delle attrezzature.

1.11. SEGNALETICA DI INFORMAZIONE

Qui un breve accenno al significato delle prescrizioni per la segnaletica di sicurezza e di salute sul luogo di lavoro.

A. Cartelli di divieto

Caratteristiche intrinseche:

- forma rotonda;
- pittogramma nero su fondo bianco; bordo e banda (verso il basso da sinistra a destra lungo il simbolo, con un'inclinazione di 45°) rossi (il rosso deve coprire almeno il 35% della superficie del cartello).



Esempio Vietato riparare e/ lubrificare organi in moto

B. Cartelli di pericolo

Caratteristiche intrinseche:

- forma triangolare;
- pittogramma nero su fondo giallo, bordo nero (il giallo deve coprire almeno il 50 % della superficie del cartello).



Esempio Pericolo tensione

C. Cartelli di prescrizione

Caratteristiche intrinseche:

- forma rotonda;
- pittogramma bianco su fondo azzurro (l'azzurro deve coprire almeno il 50 % della superficie del cartello).



Esempio Calzature di sicurezza obbligatorie

1.11.1. SEGNALETICA APPLICABILE AL CANTIERE DI POSA

Di seguito sono definite le principali prescrizioni per la segnaletica di sicurezza e di salute applicabili al cantiere di posa.



NOTA

Ulteriori informazioni legate alla segnaletica sono fornite dall'utilizzatore nel reparto ove è installato l'impianto.

Tali prescrizioni si intendono non esaustive, ma come esempio per una migliore comprensione ed indicazione per il personale soggetto.

Cartelli di divieto



Cartelli di pericolo



Cartelli di obbligo



NOTA

Per ulteriori informazioni sulla segnaletica si rimanda alla cartellonistica presente nel cantiere relativa alla "Sicurezza".

2. INFORMAZIONI DI SICUREZZA

- Posare il vetro solo in stato tecnicamente perfetto e in conformità all'uso previsto;
- Eliminare tutte le anomalie che possono pregiudicare la sicurezza;
- Assicurarsi che prima della posa il personale di servizio abbia letto e capito le istruzioni per la stessa;
- Prima di procedere, assicurarsi che nessuno venga messo in pericolo dai lavori di installazione.



ATTENZIONE

Il costruttore raccomanda di attenersi scrupolosamente alle istruzioni, procedure e raccomandazioni contenute in questo manuale ed alla vigente legislazione sulla sicurezza nell'ambiente di lavoro del Paese ove è posato il vetro, anche per l'utilizzo dei dispositivi di protezione individuale previsti.

3. CONOSCENZA DEL MATERIALE

3.1. IL MATERIALE VETRO

Trasparenza, compattezza, impermeabilità ai liquidi, ai gas, ai vapori e ai microrganismi, sterilizzabilità e perfetta compatibilità ecologica grazie alla possibilità di riciclo per un numero infinito di volte. Queste le eccezionali caratteristiche intrinseche del vetro, interamente costituito da sostanze naturali.

Il vetro è un materiale ottenuto per fusione ad alta temperatura da una miscela di materie prime: silice, carbonato di sodio e carbonato di calcio. Si definisce vetro un liquido ad altissima densità, ottenuto per transizione vetrosa.

Si dice amorfo un materiale caratterizzato da un'irregolarità strutturale completa e omogenea.

La struttura senza alcuna organizzazione spaziale è tipica dello stato liquido, in effetti un vetro deriva da una solidificazione senza cristallizzazione: si tratta sostanzialmente di un liquido sottoraffreddato, la cui viscosità aumenta fino a poter considerare solido il materiale. Possiamo quindi dire che il vetro è un liquido ad altissima densità.

I vetri tradizionali sono ottenuti per fusione di minerali cristallini, risultano perciò composti da ossidi inorganici in proporzioni variabili. Il componente principale è la silice, SiO_2 , a cui vengono aggiunti degli additivi che permettono di ottenere determinate caratteristiche.

Si possono tuttavia ottenere vetri da altri materiali, se le loro proprietà lo permettono: i liquidi che hanno la possibilità di vetrificare vengono detti vetrogeni e sono caratterizzati da un'alta viscosità in corrispondenza della temperatura di fusione.

Le proprietà meccaniche del vetro sono molteplici, tra queste segnaliamo l'elasticità, la resistenza alla compressione (per rompere un cubo di vetro di 1 cm di lato occorre un carico dell'ordine di 10 tonnellate).

Il vetro è oggi destinato ad una gamma vastissima di applicazioni sia di uso industriale che domestico, per alcune delle quali risulta insostituibile. Vi sono impieghi più "visibili" e familiari come contenitore per alimenti, bevande, cosmetici, farmaci, lastre per finestre, porte interne, scale, ballatoi ed altri invece destinati a tecnologie molto sofisticate, quali ad esempio fibre ottiche, utilizzate nelle telecomunicazioni, nella chirurgia mini invasiva, nella diagnostica per immagini, fino ai vetri speciali che equipaggiano i veicoli spaziali.

3.2. COMPOSIZIONE CHIMICA DEL VETRO

Analisi componenti iniziali della miscela prefusione: sabbia silicea la cui purezza è in funzione del vetro da ottenere. Nei vetri per l'ottica essa raggiunge valori molto alti (99,7% e con tenori di ferro inferiori all'1%), nei vetri comuni e colorati i valori si attestano al 95%. Gli affinantanti hanno in sé composti che, una volta raggiunta la temperatura di fusione, sviluppano gas in forte quantità vaporizzando (es: As_2O_3) o decomponendosi in elementi gassosi (es: nitrati di Na, K).

I coloranti più impiegati variano a seconda del colore finale che si vuole ottenere: FeO per avere una tonalità verde-azzurra, Fe_2O_3 per verde bottiglia, Cu_2O per il rosso, CuO per blu-verde, Cr_2O_3 per verde-giallo, CoO per blu scuro, AuCl_3 per il rosso rubino.

Gli opacizzanti sono formati da fosfati o fluoruri di Na o Ca, o da talco o da ossido di stagno o da solfuri di Cadmio che persistono nella massa vetrosa sotto forma cristallina diminuendone la trasparenza, in quanto la riflessione della luce avviene all'interno del vetro stesso, a causa del diverso indice di rifrazione delle sostanze opacizzanti cristallizzate (vetro opaline).

Prima della fusione, alla miscela complessiva, i cui componenti, che devono avere una granulometria fine compresa tra 0,1 e 0,6 mm, vengono ridotti in pezzatura di 0,2-0,5mm, generalmente vengono aggiunti rottami di vetro nella misura del 25-40% per facilitare la fusione stessa, per ragioni economiche e per un perfetto riciclaggio. Percentuali componenti: sabbia quarzifera 60%, carbonato di Na 18%, dolomite 17%, calce 4%, solfato 1%

3.3. PRINCIPALI TIPOLOGIE DI VETRO

Vetro sodico - calcico (soda-lime)

Il vetro sodico - calcico è il vetro più prodotto, in quanto di basso costo, facile fabbricazione e lavorazione, buona resistenza alla devetrificazione: la presenza di ossido di calcio diminuisce il limite di cristallizzazione del vetro, aumentandone la persistenza nel tempo. La resistenza chimica, al calore e agli sbalzi termici è mediocre, ma si può migliorare agendo sulla composizione o su successivi trattamenti termici come la tempra e l'indurimento.

L'ossido di calcio, che nella miscela vetrificabile non supera il 12-13% in peso, viene in parte sostituito da altri ossidi bivalenti quando si vuole ottenere vetro con particolari proprietà chimico-fisiche.

L'ossido di magnesio (MgO), oltre a migliorare la fusibilità e la lavorabilità del vetro, riduce la tendenza alla denitrificazione.

L'ossido di bario (BaO) migliora la lavorabilità, impartisce brillantezza e influisce sulle caratteristiche dielettriche e di resistenza elettrica del vetro.

L'ossido di zinco (ZnO) riduce il coefficiente di dilatazione e migliora la resistenza chimica dei vetri.

Infine l'allumina (Al_2O_3), introdotta nel vetro al posto della silice, agisce sulla viscosità, sul coefficiente di dilatazione, sulla resistenza meccanica e chimica del vetro.

Questo vetro è largamente utilizzato per la produzione di vetri per finestre e finestrature per auto, vetri per contenitori, vetri per lampadine e altre applicazioni comuni.

Si può affermare che il vetro sodo-calcico è definito “comune” e cioè normalmente utilizzato nelle applicazioni in edilizia e in arredamento.

Vetro di silice o vetro di quarzo

Si ottiene dalla fusione di quarzo purissimo, a temperature superiori ai 2000°C, ottenendo una composizione di SiO_2 al 99,5%. E' un vetro costoso, a causa della difficoltà di lavorazione per le alte temperature di trattamento. D'altra parte è dotato di proprietà eccezionali, come la refrattarietà (può essere utilizzato fino a 1000°C), il bassissimo coefficiente di espansione termica e di conseguenza la resistenza a sbalzi termici, la trasparenza ai raggi UV e IR. Viene utilizzato per strumenti ottici, ma principalmente nei laboratori e nell'industria chimica.

Vetro boro-silicato

Il vetro borosilicato, conosciuto anche come vetro Pyrex, è composto dall'80% di SiO_2 , 13% di B_2O_3 e altri componenti in quantità minori. L'assenza quasi totale di alcali e l'introduzione dell'anidride borica, che ha funzione stabilizzante, generano un vetro dotato di un'elevata stabilità chimica, alta resistività elettrica e basso coefficiente di dilatazione che di conseguenza conferisce un'ottima resistenza agli sbalzi termici. Viene anche denominato vetro "neutro" proprio per l'elevata inerzia chimica.

E' un vetro piuttosto costoso, tuttavia ha importanti applicazioni per vetreria da laboratorio, termometri e tubi calibrati, attrezzature e tubazioni per l'industria chimico-farmaceutica, isolamento elettrico, stoviglie resistenti al calore e altri utilizzi.

Vetro allumino-boro-silicato

Il vetro allumino-boro-silicato è composto all'incirca dall'80% di SiO_2 , 9% di B_2O_3 e 6% di Al_2O_3 . Tale composizione aumenta ulteriormente la resistenza chimica (rispetto al semplice boro-silicato) e rende questo tipo di vetro adatto ad applicazioni che richiedono un'elevata neutralità. Il vetro allumino-boro-silicato viene utilizzato nella produzione di contenitori per farmaci, liofilizzati, profumi e anche applicazioni più specifiche come flaconi, siringhe, provette realizzati a partire da un tubo di vetro neutro, di diametro perfettamente calibrato.

Vetro allumino-silicato

Il vetro allumino-silicato si ottiene mediante aggiunta di allumina Al_2O_3 (e altri composti) al vetro di silice fino ad ottenere una composizione circa al 57% di SiO_2 , 20,5% di Al_2O_3 , 12% di MgO . Il comportamento di questo vetro è simile a quello dei vetri boro-silicati, ma può sopportare temperature d'esercizio maggiori. Il

coefficiente di espansione termica è relativamente basso e conferisce una buona resistenza agli sbalzi termici. Tuttavia è un tipo di vetro molto costoso e di difficile lavorazione rispetto ai boro-silicati.

Vetro al piombo

I vetri contenenti piombo hanno una composizione media (in peso) del tipo 63% di SiO_2 ; 7,1% di Na_2O ; 7% K_2O ; 21% PbO . Hanno un indice di rifrazione maggiore del vetro comune, caratteristica che conferisce una maggiore brillantezza, per questo motivo sono noti anche come cristalli. Sono ben lavorabili a caldo, con temperature di lavorazione minori rispetto agli altri tipi di vetro e hanno buone caratteristiche dielettriche. Vengono utilizzati per cristalleria e in campo ottico per lenti acromatiche (vetro flint).

Si può portare la percentuale di piombo oltre il 60%, per ottenere vetri ad alto tenore di piombo, caratterizzato da un'alta costante dielettrica e basse perdite, che ne fanno un materiale ideale per la produzione di condensatori, tubi elettronici. Si può anche utilizzare per schermi per radiazioni, grazie alla proprietà del piombo di assorbire i raggi X.

Vetro al 96% di silice - Vycor glass

Il vetro al 96% di silice, o vetro Vycor, è un'alternativa al vetro di silice. Si ottiene aggiungendo alla silice piccole quantità di anidride borica e ossido di sodio: il risultato è un vetro che mantiene la resistenza meccanica del vetro di silice, ma fonde a temperature minori, pur mantenendo un'elevata resistenza agli sbalzi termici e alle alte temperature (può essere utilizzato fino a 900°C).

3.4. RICICLO ED ECOSOSTENIBILITA'

Possiamo dire che il vetro è una grande opportunità per l'ambiente. Grazie alla assoluta compatibilità ecologica e alle infinite possibilità di riciclo, questo materiale risulta un elemento ad elevata compatibilità ambientale, quando correttamente recuperato e riciclato.

Una bottiglia, se rifusa nel forno di una vetreria, dà luogo ad un'altra bottiglia, con le stesse qualità della precedente, caratteristica, questa, peculiare del vetro.

Una riciclabilità totale che permette anche un notevole risparmio energetico nella fase di fusione.

La miscela di materie prime tradizionali, utilizzata nella produzione del vetro, è sostituibile con il rottame di vetro che può essere riciclato, cioè reimmesso nel ciclo produttivo, un numero illimitato di volte.



Il rottame proveniente dalle raccolte differenziate urbane ed industriali del vetro viene processato in appositi impianti di trattamento, ove dopo le fasi di eliminazione dei rifiuti e materiali metallici, la frazione vetrosa è sottoposta ad un'ulteriore cernita automatica finalizzata alla separazione degli inerti opachi (ceramica, porcellana e pietre).

L'impianto di trattamento viene alimentato da una pala meccanica che carica una tramoggia polmone. Un vibroalimentatore ed un nastro trasportatore provvedono a caricare, in continuo, il materiale da trattare. La prima lavorazione consiste in una cernita manuale, volta ad eliminare i corpi estranei di grosse dimensioni. Successivamente, il vetro viene vagliato per suddividerlo in 2 o 3 frazioni che vengono sottoposte ad una nuova cernita manuale per rimuovere frammenti di ceramica, porcellana, pietre, corpi metallici, plastica, etc...



Nella fase successiva avviene la frantumazione delle frazioni grossolane su impianti che devono operare senza produrre eccessive quantità di polvere di vetro e garantendo la completa assenza di frammenti di grosse dimensioni. Quindi, il materiale viene trattato con elettrocalamite e/o con magneti al neodimio, per rimuovere i corpi magnetici presenti.

Il rottame viene di seguito sottoposto ad una ulteriore selezione tramite aspirazione per allontanare i corpi leggeri (carta, alluminio, legno, etc...) che vengono raccolti ed abbattuti da un ciclone. Il materiale è poi ulteriormente selezionato da macchine automatiche in serie capaci di individuare e scartare i corpi metallici non ferrosi (alluminio, piombo, rame) e i corpi opachi presenti, consentendo lo scarto di prodotti non fusibili quali ceramica, vetroceramica, porcellana, sassi, etc...



NOTA

Riciclare il vetro, riduce il consumo delle materie prime necessarie: da 100 Kg di rottame di vetro si ricavano 100 Kg di prodotto nuovo, mentre occorrono 120 Kg di materie prime vergini per avere 100 Kg di prodotto nuovo. Un impiego dell'80% di frammenti vetrosi nella miscela vetrificabile porta a un'economia energetica del 25%, e ad una conseguente diminuzione delle emissioni di CO₂ del 40% rispetto al solo utilizzo di materie prime vergini.

3.5. PRODUZIONE DEL VETRO PIANO

La tecnica di produzione attualmente utilizzata per la fabbricazione di vetro piano consiste nel far galleggiare il vetro fuso di provenienza dal forno fusorio su di un bagno di stagno liquido. Così realizzato, il vetro non ha più bisogno di levigatura superficiale ed è in grado di subire eventuali ulteriori trasformazioni che gli conferiscano le prestazioni termiche, estetiche, meccaniche, elettriche, ecc. volute. Tra queste possiamo ricordare:

- l'associazione con altri materiali, che permette la realizzazione di prodotti compositi quali: vetro e polivinilbutirrale (sicurezza), i vetri e gel (antifuoco), vetro e tessuto per particolari funzioni estetiche (decorazione);
- la trasformazione della superficie, attraverso trattamenti come la molatura o la satinatura dei vetri utilizzati nell'architettura di interni e la decorazione;
- il deposito superficiale di strati sottili per la fabbricazione di specchi, di vetri a controllo solare o di vetri che permettono il risparmio energetico;
- l'indurimento meccanico attraverso trattamenti termici o chimici per la produzione di vetri con particolari caratteristiche meccaniche.

Le fasi principali della produzione del vetro piano sono:

Fusione delle materie prime:

Le materie prime, contenute in silos, sono pesate elettronicamente con una precisione pari ad 1/1000 e opportunamente miscelate ed umidificate. La miscela vetrificabile così ottenuta viene convogliata, mediante nastri trasportatori, nel forno fusorio, all'interno del quale la temperatura raggiunge i 1550°C.



Affinaggio o affinazione (2° momento della fusione): è l'operazione con cui la massa fusa viene privata di tutte le bollicine di gas presente, che potrebbero dare origine a difetti nei manufatti preparati. In questa fase, si assiste alla deposizione sul fondo del forno delle parti non fuse e alla salita in superficie delle bolle di gas formatesi durante la fusione. Tali bolle sono originate dalla decomposizione dei carbonati e dei solfati iniziali in ossidi e anidride carbonica o solforica.



L'affinazione viene realizzata aggiungendo alla massa fusa piccole percentuali di agenti affinantanti. Questi facilitano notevolmente l'operazione, in quanto fanno aumentare il volume delle bolle e ne provocano l'espulsione, oppure permettono la diminuzione della solubilità dei gas nel vetro. A questo punto, il vetro fuso è una massa avente in tutti i punti uguale composizione chimica e conseguentemente, le medesime proprietà fisiche.

In questa fase è possibile, se previsto, operare una decolorazione del vetro tramite l'ossidazione di sali di ferro.

La fusione si conclude con la fase di riposo o di condizionamento, durante la quale la massa fusa viene raffreddata gradualmente fino alla temperatura di foggatura o di formatura.

La fase di **formatura** si esegue con diverse modalità, quando il vetro è ancora fluido e si trova in un campo di temperatura nel quale assume viscosità tale da poter essere lavorato e da conservare la forma impartita, senza alterazioni.

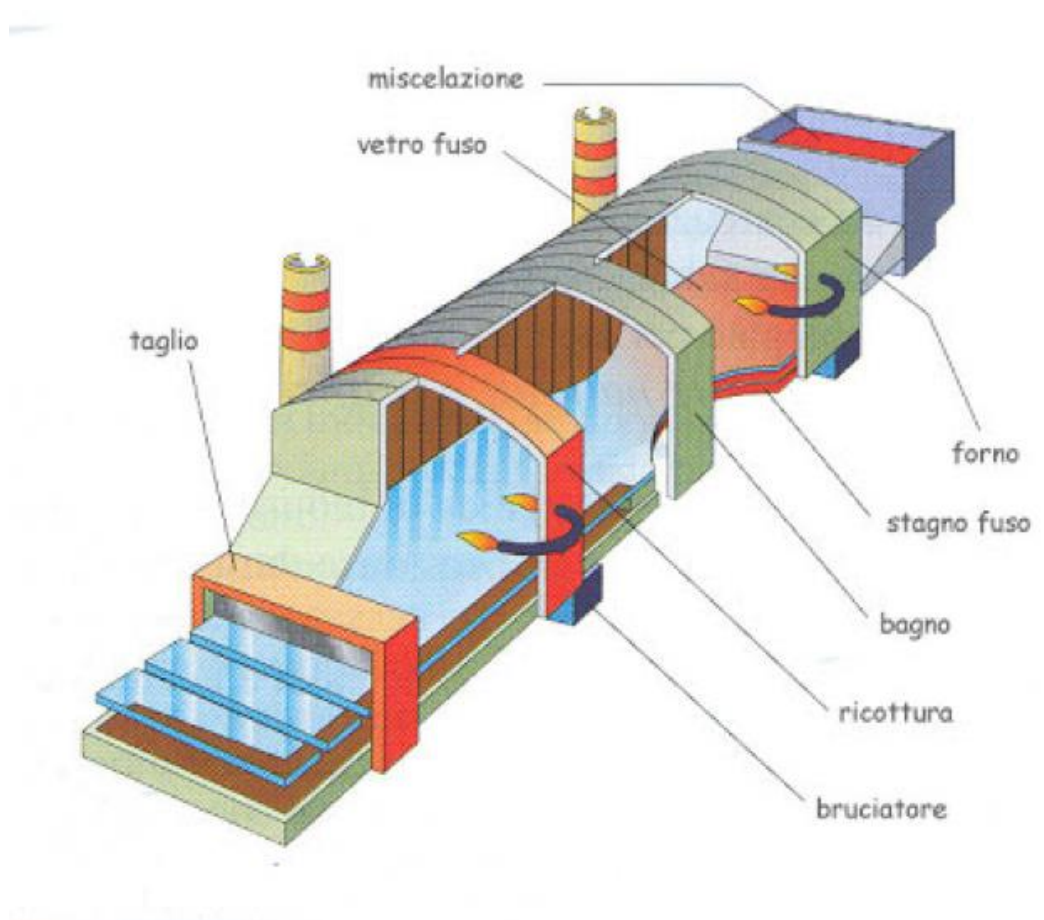
Laminazione: è adottata per la produzione di vetro piano. Con questa tecnica, il vetro fuso scorre attraverso rulli di acciaio raffreddati internamente, dando luogo ad un nastro continuo della larghezza massima di 4 m e dello spessore minimo di 1mm.

La finitura è realizzata in superficie, dopo il raffreddamento della massa, tramite mole abrasive che levigano ambedue le facce.

Float: a 1100°C il vetro fuso cola dal forno su di un bagno di stagno fuso. Il vetro galleggia sulla superficie liquida e piana e viene tirato sino a divenire un nastro a facce parallele. Sui bordi del nastro le ruote dentate (toprolls) distendono o retraggono il vetro lateralmente, per ottenere lo spessore desiderato. Gli spessori ottenuti sono compresi tra 1,1 e 25 mm.

Ricottura: deposto a 600°C sui rulli di un tunnel di raffreddamento, lungo 100 metri, il nastro di vetro si raffredda sotto controllo fino alla temperatura ambiente. Il nastro di vetro acquista intorno ai 500°C le proprietà di un solido perfettamente elastico.





Squadratura: raffreddato all'aria libera, il nastro di vetro è controllato e, successivamente, tagliato in lastre dalla dimensione massima di 6x3,21mt, con taglio dei bordi longitudinali. Gli elementi sono poi posizionati verticalmente su dei cavalletti per mezzo di elevatori a ventosa.

Vetro stampato: all'uscita dal forno, il vetro passa tra due rulli metallici che gli conferiscono lo spessore ed il disegno desiderati. In tal modo sono prodotti i vetri stampati, utilizzati nell'architettura di interni, nell'arredamento, nella decorazione.

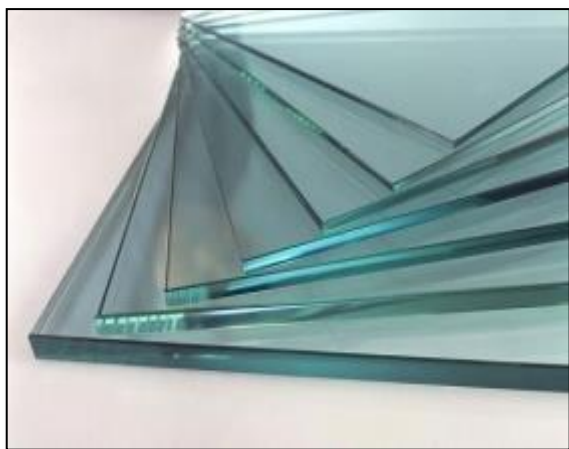
Una volta ottenuta la lastra di vetro, questa può subire ulteriori trattamenti dei quali tratteremo nello specifico nei capitoli che seguono.

4. TIPOLOGIE DI MATERIALE

4.1. VETRO FLOAT

Per quanto concerne la produzione di vetro piano, a partire dalla fine degli anni Cinquanta è stato introdotto il processo float (inventato da Sir Alastair Pilkington nel 1952) in sostituzione dei precedenti metodi di tiratura.

Il prodotto che si ottiene (float glass) ha sostituito il cristallo ottenuto da molatura di vetro greggio tirato.



Nel processo denominato float glass, la pasta vitrea, proveniente dal crogiolo alla temperatura di 1100°C, assume forma perfettamente piana in un forno a tunnel la cui base è formata da un letto di 7 cm di stagno fuso. Questo è posto in atmosfera condizionata debolmente riducente, contenente azoto e idrogeno, in modo da non essere ossidato. Lo stagno leviga la superficie inferiore del vetro per diretto contatto, mentre la parte superiore si appiattisce per gravità essendo ancora allo stato semifuso. Nella produzione del vetro piano, il processo float glass ha sostituito le tradizionali tecniche di laminatura e tiratura.

Lo spessore del nastro di vetro float è dato dalla velocità di rotazione dei rulli, detti top, situati ai bordi della vasca. Un rallentamento dei top determina una stesura del vetro liquido a minore velocità e la formazione di un nastro di vetro di maggiore consistenza. Si ha la situazione inversa se si verifica un'accelerazione dei rulli ed un aumento della pressione delle saracinesche poste all'inizio del bagno. Alla fine di quest'ultima fase, il vetro ha raggiunto la temperatura di 600 °C ed è ormai allo stato solido: viene quindi sollevato e posto in un tunnel di raffreddamento. Segue la fase di taglio trasversale del vetro in lastre (in genere di 6m di lunghezza) e un ulteriore taglio longitudinale per rimuovere le tracce dei rulli.



NOTA

Con il vetro float è divenuta superflua la fase di lucidatura, generalmente effettuata con abrasivi sottili, quali ossido di cerio o Fe, al fine di eliminare ogni distorsione ottica superficiale, dovuta a un non perfetto parallelismo delle lastre.

4.2. VETRO STAMPATO

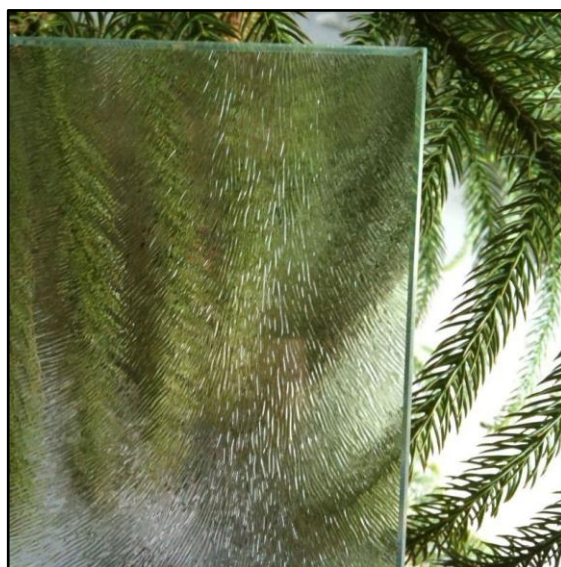


I vetri stampati rientrano fra i vetri decorativi utilizzati per la realizzazione di vetrate artistiche. Caratterizzati dal tipico aspetto traslucido, i vetri stampati sono utilizzati per la realizzazione di porte scorrevoli o a battente, per pareti divisorie in vetro fisse o mobili, per finestre, porte e portefinestre particolarmente scenografiche, così come parapetti, pensiline, piani per tavoli e tavolini, mobili e scaffali, vetrinette di credenze e molto altro ancora.

Colorati o trasparenti, i vetri stampati si ottengono tramite un apposito procedimento di laminazione del nastro di vetro caldo inserito tra due cilindri metallici. Questa procedura consente di imprimere sulle lastre di vetro diversi tipi di disegni, che lasciano passare la luce impedendo però una visuale nitida di ciò che succede dall'altra parte del vetro. Infatti il vetro stampato, come il vetro satinato o graffiato con sabbatura, distorce i dettagli degli oggetti, senza ostruire il passaggio della luce. L'effetto del vetro stampato varierà a seconda del disegno, che potrà conferire brillantezza o opacità a diversi punti della lastra.

Il vetro stampato viene realizzato con una tecnica che era in vigore per la fabbricazione del vetro comune prima dell'introduzione del cosiddetto sistema "a galleggiamento" (da cui l'uso dell'aggettivo float, 'galleggiante', per indicare la maggior parte del vetro piano di qualità oggi prodotto). Prima dell'individuazione di tale metodo, consistente nel versare il vetro fuso su un bagno di stagno fuso, il vetro a lastra veniva realizzato per colata, estrusione o laminazione.

Tali procedimenti di fabbricazione del vetro generavano superfici dalle facce non otticamente parallele, che causano caratteristiche distorsioni visive. Questa tecnica, oggi sostituita dal metodo float per produrre vetro comune di qualità, viene invece ancora utilizzata per produrre particolari vetri decorativi ideali per la realizzazione di vetrate artistiche. Oltre al vetro stampato, infatti, anche il vetro retinato viene prodotto per colata, inserendo una rete metallica all'interno del vetro fuso. Utilizzato nel passato soprattutto per le zone sotto luce di parapetto delle vetrate, il vetro retinato o armato è un vetro che consente anche usi decorativi.



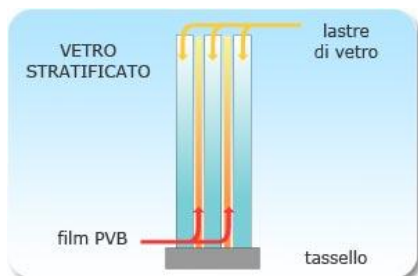


ATTENZIONE

In funzione delle prescrizioni della UNI 7697:2015 il vetro retinato in lastra singola non è considerato vetro di sicurezza e non può essere utilizzato in applicazioni con presidio di caduta nel vuoto.

Il vetro stampato, realizzato per colata, estrusione o laminazione, presenta un caratteristico disegno a rilievo su una o entrambe le facce del vetro. Il tipo di vetro stampato più conosciuto e diffuso è il cosiddetto "stampato C", utilizzato per la realizzazione di porte, box doccia, ripiani di frigoriferi, pareti divisorie, balaustre, parapetti, divisori per balconi grazie alla sua capacità di conferire privacy agli ambienti. Realizzabile con vetro trasparente o in tonalità variabili tra il verde, il marrone e il grigio, il vetro stampato può anche essere ricavato da una lastra atermica colorata. Semitrasparente, il vetro stampato consente una certa privacy e presenta una particolare brillantezza quando è colpito dalla luce. Ideale come elemento decorativo architettonico sulle facciate e negli interni, il vetro stampato si presta a diversi tipi di lavorazione per renderlo isolante, temprato o stratificato di sicurezza.

4.3. VETRO STRATIFICATO



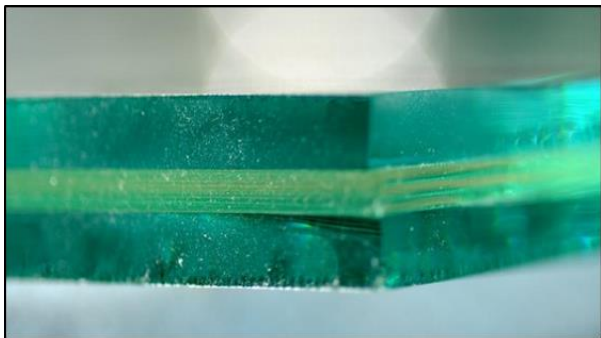
Il vetro stratificato trattato nel presente manuale è composto da due o più fogli di vetro, uniti assieme con uno o più intercalari (PVB, SENTRYGLAS, EVA), mediante un processo a caldo e sotto pressione; non vengono trattati i vetri con resina e gli intumescenti.

Si definisce vetro stratificato di sicurezza il vetro che in caso di rottura non rilascia frammenti di vetro pericolosi. L'intercalare utilizzato per i vetri stratificati serve a trattenere i frammenti di vetro, a limitare le dimensioni dell'apertura riducendo il rischio di ferite da taglio o caduta nel vuoto, oltre a modificarne le prestazioni meccaniche, acustiche e di post rottura (PVB Rinforzati ed Intercalari rigidi).

NOTA



La definizione normativa, secondo la UNI EN 12543-1, di vetro stratificato indica un insieme composto da un foglio di vetro e da uno o più fogli di vetro e/o di plastica, uniti assieme con uno o più intercalari. Da notare quindi che si ritiene essere vetro stratificato anche un vetro composto da un foglio di plastica (policarbonato, metacrilato ecc) e uno di vetro tenuti assieme da un intercalare. Rientrano nella definizione di vetro stratificato anche i vetri con resina e gli intumescenti.



Le lastre di vetro da laminare vengono innanzitutto lavate ed asciugate, per eliminare il rischio di bassa adesione e di delaminazioni localizzate nel prodotto finito.

Per il lavaggio è necessario utilizzare acqua demineralizzata al fine di non avere residui che possono inficiare l'adesione dei termoplastici al vetro, si consigliano valori di conducibilità di max. $20 \mu\text{s}/\text{cm}^2$.

Successivamente, all'interno di un ambiente climatizzato in temperatura e umidità controllata, avviene la stesura dei fogli di intercalare tra le lastre di vetro, in funzione della tipologia di prodotto desiderata. Vengono poi asportate manualmente o con macchinari da taglio automatici le eccedenze di termoplastico rispetto alla dimensione finale della lastra.

La lastra multistrato assemblata passa quindi all'interno della linea di laminazione composta da uno o più forni e una o più calandre. Il vetro viene riscaldato e successivamente calandrato. Tale processo è necessario per favorire il processo di deaerazione, eliminando quasi tutta l'aria presente tra il termoplastico e le lastre di vetro e per attivare le proprietà adesive del polimero.

La fase di pre assemblaggio con forno e calandra può essere sostituita da altri processi come il "Vacuum Bag – Sacco a Vuoto" effettuato con sacco a perdere o riutilizzabile.

Successivamente alla fasi di pre assemblaggio quali manganatura o Vacuum Bag il vetro viene immerso in autoclave per terminare il processo di polimerizzazione.

Le fasi di un ciclo di autoclave sono la pressurizzazione, il riscaldamento, il mantenimento, il raffreddamento e la depressurizzazione. Al termine del ciclo, il vetro laminato ha completato il processo produttivo e viene sottoposto ai controlli di qualità, per determinarne la conformità ai requisiti normativi vigenti secondo le prescrizioni della UNI EN ISO 12543 e UNI EN 14449.



NOTA

Per ottenere un stratificato durevole è fondamentale controllare tutti i parametri ambientali e di processo.



NOTA

In funzione del polimero utilizzato i rispettivi produttori hanno definito specifiche guide alla laminazione che contengono tutte le indicazioni e le prescrizioni da rispettare a cura del fabbricante di vetro stratificato.



ATTENZIONE

Le aziende che producono vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza devono adeguare il loro FPC “Piano di Fabbricazione e Controllo” secondo le prescrizioni delle UNI EN 14449 “Vetro per Edilizia – Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza – Valutazione conformità / Norma di prodotto”

I vetri stratificati possono soddisfare molteplici esigenze e si classificano in:

- vetri antiferita – classificazione secondo UNI EN 12600;
- vetri anticaduta – classificazione secondo UNI EN 12600;
- vetri antivandalismo e anticrimine – classificazione secondo UNI EN 356;
- vetri antiproiettile – classificazione secondo UNI EN 1063;
- vetri antiesplorazione – classificazione secondo UNI EN 13541;
- vetri antiuragano – Miami-Dade county Notice of Acceptance (NOA) / Florida Building Code approval (FBC) - Texas Department of Insurance (TDI) Approved: 2011;
- vetri per applicazione strutturali.



ATTENZIONE

Il vetro stratificato e il vetro stratificato di sicurezza non sono la stessa cosa. Benché possano consistere nella stessa tipologia di prodotto un vetro stratificato per essere definito di sicurezza deve essere conforme alla norma UNI EN ISO 12543-2 ed avere ottenuto almeno una classificazione secondo la UNI EN 12600 (Prova del pendolo).



NOTA

Il vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza sono regolati dalle norme :

- UNI EN ISO 12543 da parte 1 a parte 6;
- UNI EN 14449.

In particolare la norma UNI EN 12543 parte 6 definisce le modalità di valutazione estetica del vetro stratificato (vedi capitolo 14).

4.3.1. VETRI ANTIFERITA e ANTICADUTA

I vetri stratificati di sicurezza (UNI EN ISO 12543 – UNI EN 12600) consentono diversi livelli di protezione delle persone grazie agli intercalari plastici come polivinilbutirrale (PVB), polivinilbutirrali rinforzati (Solutia DG41, Trosifol ES), ionoplastici (Sentryglas), etilvinilacetato con polimerizzazione 3D (Evasafe Bridgestone).



Lo scopo di un vetro antiferita o anticaduta è evitare che le schegge si stacchino dalla lastra (protezione antinfortunistico) o che un corpo umano possa passare attraverso il vetro (protezione anti-caduta nel vuoto). Il livello di protezione dipende dal tipo di sandwich prodotto tra vetro e materiali plastici e loro adesione. Fondamentali sono numero, spessore e tipologia degli intercalari utilizzati nella composizione del vetro stratificato.

I vetri stratificati utilizzati come parapetti devono avere caratteristiche di resistenza superiori ai vetri antiferita e devono essere in grado, in caso di urto accidentale, di trattenere una persona evitandone la caduta nel vuoto.

I vetri anticaduta sono utilizzati per parapetti di balconi, terrazze, scale interne ed esterne, sottofinestre, protezioni per ascensori e montacarichi e per tutte quelle applicazioni che prevedono l'utilizzo di un vetro a quota inferiore a 100 cm dal piano di calpestio e con il pericolo, in caso di rottura, di caduta nel vuoto.

Inoltre, i vetri anticaduta sono utilizzati come vetri esterni in ambienti adibiti ad attività sportive o ricreative, asili, scuole, istituti, università, ospedali, case di cura, centri benessere, vetrine di negozi, pareti di centri commerciali, ripari vetrati per fermate di autobus o metropolitane.

Questa tipologia di vetri deve essere classificata secondo le prescrizioni della UNI EN 12600 dove si assegnano le seguenti classi minime:

- Vetri antiferita classe minima 2B2 - UNI EN 12600;
- Vetri anticaduta classe minima 1B1 - UNI EN 12600.



NOTA

La norma che definisce il corretto vetro da utilizzare in funzione dell'installazione è la UNI 7697:2015 "Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie" vedi capitolo 6 del presente manuale.



PERICOLO

Quando si esegue un'installazione non è sufficiente adempiere alle prescrizioni della norma UNI 7697:2015 poiché questa definisce i requisiti minimi del vetro, ma il vetro da utilizzare deve essere definito in funzione del reale comportamento richiesto che dipende anche dai seguenti fattori: carichi di progetto previsti, dimensioni, sistemi di vincolo (telaio, attacchi puntuali ecc.).

Prevenzione degli infortuni

Quando si parla di impatto umano contro una vetrata, il carico da considerare è quello che una persona può sviluppare involontariamente in un urto accidentale con la lastra. Proprio l'accezione del termine "accidentale" rende complesso quantificare il carico che va considerato.

Le variabili in relazione con questa possibilità sono le seguenti:

- Altezza e peso dell'individuo;
- Parte del corpo che impatta contro la lastra (mano, gamba, testa, busto, e relativa durezza);
- Velocità con cui il corpo colpisce la lastra;
- Angolo di impatto, ad esempio 90° (normale al vetro) o 5° (di striscio rispetto alla superficie).

L'unica conclusione certa che se ne trae è che l'impatto è relativo ad un corpo semi rigido che agisce su un'area relativamente ridotta. La durata dell'azione del carico dovrebbe essere breve anche se di difficile quantificazione. In tanti anni è stata raccolta una quantità considerevole di dati relativi alla sicurezza umana e le analisi hanno fornito informazioni su:

- Età e sesso di chi viene coinvolto negli incidenti;
- Il tipo e la posizione delle vetrate che hanno provocato l'infortunio.

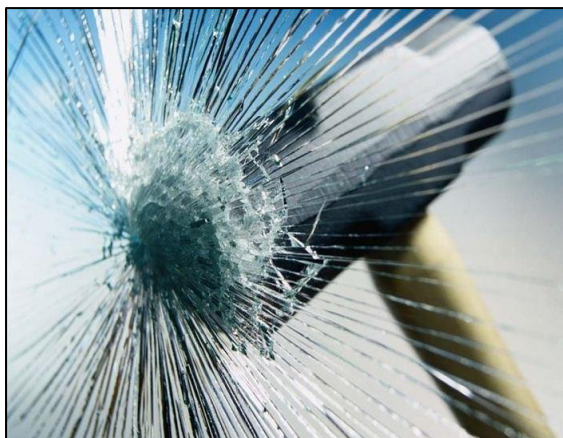
Questo ha portato a determinare una quantificazione dell'energia sviluppata in un incidente del genere. La normativa europea di riferimento per la classificazione dei vetri di sicurezza è la EN 12600, per la cui trattazione rimandiamo al capitolo 6 relativo ai risvolti normativi.



NOTA

Per la classificazione dei vetri anticaduta e antiferita il vetro deve essere testato come definito nella EN 12600 ed ottenere una relativa classe prestazionale.

4.3.2. VETRI ANTIVANDALISMO – ANTICRIMINE



I vetri stratificati antivandalismo e antieffrazione (UNI EN 356) proteggono contro il lancio di pietre, piccoli atti di vandalismo, aggressioni di breve durata. I vetri anticrimine proteggono anche contro il furto organizzato e contro aggressioni ripetute e premeditate. Queste tipologie, hanno la funzione di ritardare al massimo l'intrusione e di dissuadere gli aggressori. Il livello di protezione dipende dallo spessore del vetro e dai polimeri utilizzati nella composizione del vetro stratificato (applicazioni: negozi, vetrine, stadi, musei....).

Non esiste una prova che possa replicare tutte le modalità di attacco possibili da parte dei malintenzionati; per questo motivo si utilizzano due metodi di prova distinti per fornire le categorie/classi di resistenza.

I metodi di prova specificati nella presente norma non riproducono le condizioni del vero e proprio attacco da parte dell'uomo, ma sono intesi a fornire una classificazione di resistenza comparativa tra i vari vetri.

Una prima prova che simula l'apertura di un foro per permettere il passaggio di una mano o dell'avambraccio o di un attrezzo, consiste nel verificare il comportamento del vetro stratificato all'impatto di un corpo duro da differenti altezze di caduta.

La prova definita come prova di "caduta da corpo duro - UNI EN 356" risulta superata se la sfera di acciaio con un diametro di 100 mm ed una massa di 4,11 Kg, dopo essere caduta per tre volte ai vertici di un triangolo al centro del provino, non passa attraverso il vetro.

Tabella per la classificazione dei vetri stratificati resistenti ai colpi di sfera – EN 356:

Categoria di resistenza	Altezza caduta in mm	Numero di colpi ai vertici del triangolo
P1A	1500	3
P2A	3000	3
P3A	6000	3
P4A	9000	3

Una seconda prova che simula l'apertura di un foro tale da permettere il passaggio di una persona o di attrezzi particolari, consiste nel verificare il comportamento del vetro stratificato all'impatto di martello e ascia dove si richiedono un minimo numero di colpi stabilito per creare un'apertura di 400 x 400 mm.

La fase preliminare della prova necessita la rottura di tutti i vetri con il martello dando con 12 colpi equidistanti sul perimetro di prova di dimensioni 400 x 400 mm.

Dopo l'intervento del martello si utilizza l'ascia contando il numero di colpi necessari ad effettuare una completa penetrazione dell'utensile. In funzione dei colpi necessari si classifica il vetro.

Tabella per la classificazione dei vetri stratificati resistenti alla prova dell'ascia – EN 356:

Categoria di resistenza	Minimo numero colpi di martello	Numero totale colpi con l'ascia
P6B	12	Minimo 30 a 50
P7B	12	Minimo 51 a 70
P8B	12	Oltre 70



NOTA

Le classi minime dei vetri antivandalismo e anticrimine in funzione dell'utilizzo vengono definite nella UNI 7697:2015 "Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie" vedi capitolo 6 del presente manuale. Si noti che nell'edizione 2015 vengono cassate le classificazioni inferiori alla P4A.



ATTENZIONE

In funzione dell'uso previsto di un vetro antivandalismo o antieffrazione è obbligatorio consultare la norma UNI 7697:2015 per determinare le relative classi minime necessarie.

4.3.3. VETRI ANTIPROIETTILE



I vetri stratificati antiproiettile (UNI EN 1063) sono concepiti per resistere ad un determinato numero di impatti di pallottole di armi da fuoco usando, per la classificazione, munizioni di diverso tipo. Il livello di protezione dipende dallo spessore del vetro e dai polimeri utilizzati nella composizione del vetro stratificato (applicazioni: banche, uffici postali, commissariati di polizia, gioiellerie....).

Sebbene l'energia sviluppata dall'impatto di un proiettile possa essere calcolata e si possa progettare un vetro che resista ad una particolare combinazione arma/pallottola, il modo per valutare la prestazione antiproiettile è quello di procedere ad un test sperimentale. Questi test sono stati sviluppati in varie parti del mondo e sono tutti leggermente differenti, anche se il principio base è a grandi linee lo stesso.

Nella comunità europea – UE i vetri vengono testati e classificati secondo le prescrizioni della UNI EN 1063 “Vetro per edilizia - Vetrate di sicurezza - Classificazione e prove di resistenza ai proiettili”.

Specifiche di prova

I test richiedono campioni di una particolare misura ed armi e munizioni specifiche selezionate come rappresentative per una particolare categoria di armi da fuoco. Le normative definiscono anche le modalità di prova (ad esempio numero di colpi per ogni campione e dove devono essere diretti). Per ottenere la ripetibilità nei test, le armi scelte possono essere modificate e le munizioni usate attentamente selezionate o trattate in modo da raggiungere un particolare peso ed una particolare velocità d'impatto entro certe tolleranze.

Le armi selezionate per i test variano da comuni pistole di varia potenza a fucili militari e da caccia. La definizione della potenza delle armi rappresenta la base per il sistema di classificazione secondo il quale i vetri antiproiettile vengono testati.

Il criterio di classificazione si fonda su due caratteristiche principali. La prima: il vetro non deve lasciar passare il proiettile. D'altro canto l'impatto col proiettile può far staccare delle schegge di vetro dal lato opposto della lastra, le quali possono essere proiettate con una forza considerevole e provocare ferite a persone poste in prossimità del vetro. La seconda: è definita dalla natura dei frammenti proiettati dalla faccia opposta del vetro. Esso definisce due categorie:

- **Nessuna scheggia(NS).** Non ci sono frammenti rilasciati dalla superficie opposta da quella d'impatto. Questo significa che la parte retrostante della vetrata è rimasta integra.
- **Schegge consentite(S).** Qualunque quantità di schegge è accettata.

Un metodo per limitare i frammenti consiste nell'utilizzare come ultima lastra uno strato di vetro molto sottile. Qualora questo si rompa e tenda a staccarsi, il suo peso ridotto consente alla forza di adesione del polimero di impedire il distacco e mantenerlo in posizione.

Le prestazioni di un vetro antischeggia (NS) possono essere ottenute utilizzando come ultimo strato o lastre di policarbonato o pellicole poliuretaniche ad alte prestazioni (tipo Sphallshied).

Classe	Tipo di Arma	Calibro	Proiettile	Velocità m/s	Joule
BR1-S	Fucile	0,22 LR	Piombo con ogiva arrotondata	360	168
BR2 -S	Pistola	9 mm Luger	Proiettile Blindato in acciaio dolce con ogiva arrotondata e nucleo tenero (piombo)	400	640
BR3 - S	Pistola	0,357 Magnum	Proiettile Blindato in acciaio dolce con ogiva conica e nucleo tenero (piombo)	430	943
BR4 - S	Pistola	0,44 Magnum	Proiettile Blindato in lega di rame con ogiva tronconica e nucleo tenero (piombo)	440	1510
BR5 - S	Fucile	5,56x45	Proiettile Blindato in lega di rame appuntito e nucleo tenero (piombo) e penetratore in acciaio	955	1824
BR6 -S	Fucile	7,62x 51 Nato	Proiettile Blindato in acciaio dolce appuntito e nucleo tenero (piombo)	830	3253
BR7 - S	Fucile	7,62 x51 Nato	Proiettile Blindato in lega di rame appuntito e nucleo in acciaio duro	820	3295
SG1 - S	Fucile da caccia	Calibro 12x70	Proiettile di piombo deformabile (palla) - 1 colpo	420	2734
SG2 - S	Fucile da caccia	Calibro 12x70	Proiettile di piombo deformabile (palla) - 3 colpi	420	2734

La normativa europea EN 1063 “Classificazione e prove di resistenza ai proiettili” considera che vengano esplosi contro il campione di vetro, di dimensioni 500 x 500 mm, tre colpi ai vertici di un triangolo equilatero di 100 mm di lato. Un foglio testimone in alluminio consente di classificare con la sigla “NS” il vetro antiproiettile antischeggia e come “S” l’antiproiettile semplice.



Le 9 classi di appartenenza dipendono dal tipo di arma utilizzata in combinazione al proiettile e alla velocità dello stesso.



NOTA

I vetri antiproiettile si differenziano in base alle classi e si distinguono in:

- Scheggia (S) Esempio Vetro antiproiettile EN 1063 – BR7 / S;
- Antischeggia (NS) Esempio Vetro antiproiettile EN 1063 – BR7 / NS;



NOTA

La forza dell'impatto calcolata in Joule non è definita in normativa ma è una mera deduzione di calcolo tra superficie dell'impatto, proiettile e velocità dello stesso.



ATTENZIONE

Le aziende che producono vetro antiproiettile oltre alle prove sul prodotto devono effettuare la marcatura CE secondo il CPR 305/2011 con sistema di attestazione 1, II che prevede oltre all'esecuzione degli "TT – Test Type" anche la sorveglianza continua dell'ente certificatore notificato.

Installazione

L'installazione di un vetro antiproiettile richiede che anche il telaio sia resistente allo stesso modo alle armi da fuoco: sebbene ciò appaia ovvio, viene talvolta trascurato.

Bisogna inoltre evitare che si possano creare con facilità aperture attraverso le quali la protezione antiproiettile possa essere bypassata.

I vetri antiproiettile dovrebbero essere preferibilmente montati con tutti i lati protetti da robusti fermavetro che non devono poter essere rimossi con una leva creando una fessura, così come gli elementi di sostegno non devono essere accessibili all'aggressore.



NOTA

Anche il sistema di fissaggio dev'essere sufficientemente robusto tanto da evitare che il vetro possa essere spinto fuori dal telaio. I principi base sul montaggio delle vetrature sono definiti dalla UNI 6534 "Vetrature in opere edilizie – Progettazione, materiali e posa in opera". Attualmente è in fase di definizione il progetto di norma "prEN 12488 Glass in building - Glazing requirements - Assembly rules" che sostituirà la norma UNI 6534



ATTENZIONE

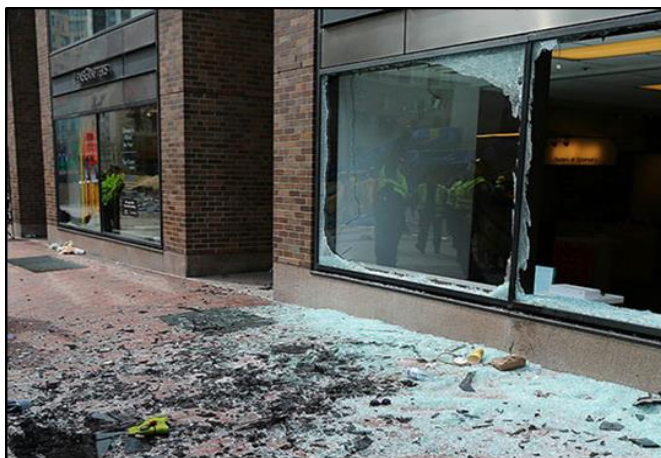
Oltre al vetro anche il telaio e i relativi sistemi di fissaggio devono essere progettati per resistere alla perforazione dei proiettili.



PERICOLO

Deve essere sempre indicato dal produttore e rispettato dall'installatore, il senso di montaggio del vetro antiproiettile. Se il senso di installazione viene invertito il comportamento del vetro antiproiettile varia in maniera significativa, precludendo la sicurezza e la protezione.

4.3.4. VETRI ANTIESPLOSIONE



I vetri stratificati anti esplosione (UNI EN 13541) sono destinati a restare in posizione anche quando subiscono l'onda d'urto di una deflagrazione esterna.

Ogniqualvolta un'esplosione avviene, la forza sviluppata dallo scoppio è direttamente proporzionale alla quantità di esplosivo ed inversamente proporzionale alla distanza dal punto in cui essa avviene.

Un'esplosione è essenzialmente un'onda di pressione nell'aria che prende la forma di impulso di pressione seguito da uno di depressione (vuoto parziale) che si propagano lungo una superficie sferica a partire dal punto in cui avviene lo scoppio. Un modo di descrivere questo effetto consiste nel valutare la sovrappressione e il tempo per il quale essa perdura. La sovrappressione si riduce con l'aumentare della distanza dall'esplosione mentre la durata cresce con la dissipazione dell'impulso di pressione.

Ci sono altri modi per descrivere un'esplosione, come impulso di carico per esempio, dal momento che il suo effetto non è poi dissimile da un impatto. Se la causa di un'esplosione può essere prevista, è possibile stimare la sovrappressione e la durata per ciascuna distanza dal punto di scoppio. Di conseguenza gli effetti di un incidente possono essere valutati preventivamente, e perfino le conseguenze di un atto terroristico possono essere a grandi linee stimate.

Allo scopo di progettare un vetro che resista effettivamente all'esplosione, sono richiesti i dati seguenti:

- Sovrapressione stimata per lo scoppio (kN/m²)
- Durata dello scoppio. Questa è tipicamente dell'ordine dei millisecondi, in un range comunemente compreso tra i 10 e i 100.

È molto comune il caso in cui un committente non è in grado di quantificarne le adeguate caratteristiche del vetro rispetto all'esplosione che potenzialmente potrebbe verificarsi. Va notato che la pressione di scoppio è accompagnata da una depressione successiva, di valore all'incirca due terzi della sovrappressione positiva, per cui il sistema di supporto dovrà essere adeguato a sostenerla.

La norma UNI EN 13541 specifica i requisiti prestazionali e i metodi di prova per classificare la resistenza dei vetri stratificati alle esplosioni, al fine di minimizzare il rischio di lesione dovuta alla proiezione di pericolosi frammenti di vetro; inoltre forniscono una valida protezione ai detriti prodotti dalla composizione della bomba o di qualsiasi detrito trasportato dallo scoppio.



NOTA

La norma UNI EN 13541 definisce classi e prove per la determinazione dei vetri antiesplorione

Tabella per la classificazione dei vetri stratificati resistenti alle pressioni delle esplosioni:

Classe	Massima sovrappressione positiva dell'onda d'urto riflessa	Impulso specifico
ER1	50 ≤ Pr < 100	370 ≤ i+ < 900
ER2	100 ≤ Pr < 150	900 ≤ i+ < 1500
ER3	150 ≤ Pr < 200	1500 ≤ i+ < 2200
ER4	200 ≤ Pr < 250	2200 ≤ i+ < 3200

Possono essere seguite due vie per il progetto di vetrate resistenti all'esplosione. Si può considerare che il vetro debba restare intatto o che il vetro rimanga in sede nella finestra anche dopo la rottura.

Vetro studiato per restare integro

È possibile, se informazioni dettagliate sulle esplosioni sono disponibili, progettare la vetrata affinché il vetro non si rompa con lo scoppio. Qualora la sovrappressione sia relativamente elevata (> 10 kN/m²) sarà prescritto il vetro temprato o indurito. Pressioni al di sotto dei 10 kN/m² rappresentano un'onda di pressione leggermente più alta della pressione prevista per il vento in condizioni severe (nel caso di zone soggette a tifoni o uragani la pressione del vento giunge non di rado a 8 kN/m²) e può conseguentemente essere considerata adeguata.



PERICOLO

Sebbene sia possibile progettare un'unica lastra di vetro temprato o indurito per resistere ad una sovrappressione da scoppio, l'esplosione spesso proietta rottami e macerie che vengono trasportati dall'onda di pressione. Se una scheggia dovesse colpire il vetro temprato, l'impatto potrebbe penetrare lo strato superficiale in compressione e causare la rottura del vetro.

Per mantenere la finestra intatta, uno spessore extra di vetro temprato o indurito può essere laminato al vetro che può così resistere anche alla sovrappressione attraverso uno strato sacrificabile. Il vetro laminato temprato o indurito, opportunamente dimensionato, può sopportare un'esplosione, anche in presenza di schegge, e mantiene la sua piena funzionalità fatta eccezione per casi in cui i rottami scagliati contro il vetro arrivino a danneggiare l'intercalare.



NOTA

Se il vetro rimane integro, l'intera onda di pressione verrà trasmessa alla struttura di supporto. Anche quest'ultima richiederà dunque di essere opportunamente studiata per resistere alle forze applicate.



ATTENZIONE

Quando si progetta un vetro antiesplosione è opportuno utilizzare vetro stratificato con polimeri a prestazione tipo Sentryglass.

Inoltre è opportuno considerare il vetro esterno come sacrificale.

Fissaggio per vetro che debba restare integro

Laddove la vetrata sia stata progettata per restare integra (fatta eccezione per la lastra sacrificabile), il sistema di supporto non può essere un tipo qualsiasi di telaio per vetro, ma dev'essere progettato in maniera da resistere alle forze che l'esplosione trasmette attraverso il vetro, ad esempio la sovrappressione, senza subire distorsioni significative e mantenendo il vetro in posizione.

Qualunque sistema di fissaggio progettato per questo scopo dovrà avere delle caratteristiche di robustezza maggiori rispetto a quelli utilizzati per sopportare semplicemente la forza del vento.

Ciò è particolarmente importante con riferimento ai serramenti convenzionali, dal momento che i serramenti stessi, il fissaggio del serramento all'edificio e la giunzione del fermavetro al serramento devono essere considerevolmente più resistenti del normale. L'installazione di queste vetrate ha anche la

conseguenza per la costruzione dal momento che l'esplosione verrà trasmessa alla struttura che dovrà essere opportunamente dimensionata per resistervi.

Vetro studiato per restare in posizione anche dopo rottura

Questa è in genere la soluzione più economica per ottenere resistenza all'esplosione dal momento che al vetro non viene più richiesto di non rompersi. Il principio di questa applicazione è l'utilizzo di intercalari plastici, come il PVB o meglio ionoplastici (Sentryglass), che possono assorbire una quantità considerevole di energia.

La deformazione dell'intercalare può essere studiata in maniera da assorbire l'energia dell'esplosione e da consentire al vetro di restare al suo posto nel telaio dopo lo scoppio. I pezzi di vetro rotto resteranno così incollati al plastico evitando in questo modo che diventino pericolose schegge vaganti. Laddove si utilizzi una vetrata isolante, un vetro di sicurezza dovrebbe essere utilizzato dalla parte opposta rispetto a quella prevista per un'eventuale esplosione (generalmente il lato interno).

L'altra lastra può essere costituita da un qualsiasi tipo di vetro, dal momento che ogni frammento formato da essa verrà comunque fermato dal vetro di sicurezza. La presenza di questi frammenti non pregiudica il comportamento del vetro laminato; infatti la presenza di una lastra addizionale, sebbene debole, comunque incrementa le performance del vetro laminato.

Fissaggio per vetro al quale sia consentito rompersi

Nei casi in cui sia previsto che il vetro possa giungere a rottura, ma resti in opera nel telaio, è già stato spiegato come questo possa avvenire solo con vetrate che richiedono una profonda battuta su tutti i quattro lati. Il fermavetro che tiene la lastra in posizione deve rimanere intatto.

La flessibilità del vetro laminato rotto assorbe le forze agenti, riducendo i carichi trasferiti al telaio e alla struttura. Ad ogni modo, le forze saranno all'incirca dal 10% al 20% della sovrappressione totale creata dall'esplosione, per cui ad una sovrappressione di 50 kN/m² corrisponderà una forza trasmessa al serramento e all'edificio pari a circa 5-10 kN/m². Questo è un carico "eccezionale" ma l'aumento della forza applicata e l'effetto sulla struttura vanno valutati prima di scegliere questa opzione. La struttura preesistente potrebbe essere adeguata a sopportare questa forza ridotta.

Sebbene le caratteristiche di un telaio possano variare sensibilmente, dall'effettuazione di test sono emersi i seguenti punti da tenere in considerazione durante la progettazione di un serramento di questo tipo:

- La copertura del vetro sul bordo deve stare tra i 25 e i 35 mm;
- Il fermavetro dovrebbe essere imbullonato ad intervalli frequenti;
- Il fermavetro dovrebbe preferibilmente esercitare una pressione di fissaggio sul vetro monolitico;
- Le vetrate isolanti non dovrebbero essere strette, ma fissate con un sigillante siliconico per garantire adesione tra il serramento ed il vetro.



ATTENZIONE

Anche il telaio, fermavetro e altezza della battuta devono essere adeguatamente dimensionate per sopportare le pressioni dovute ad un esplosione.

4.3.5. VETRI ANTIURAGANO

Le prove sperimentali effettuate negli Stati Uniti dimostrano che l'unico vetro resistente agli uragani e ai cicloni è il vetro stratificato ovviamente in composizione appropriata. È importante che tutto il gruppo telaio - finestra - vetro sia stato correttamente dimensionato, realizzato e posato.

Un ciclone è un immenso vortice cavo che viaggia ad una velocità di spostamento superiore di 160 Km/h, è accompagnato da venti costanti che hanno una velocità superiore a 120 Km/h e può arrivare a 350 km/h.

L'uragano agisce in due fasi: sulle aperture degli edifici inizialmente tempestandoli di sassolini, rami ecc, poi con cicli di pressione positiva / negativa creando un foro che poi permette al vento di entrare nell'edificio.

Per resistere alla forza di un uragano si utilizzano vetri stratificati con particolari tipologie di intercalari (es. PVB Rinforzati, Sentryglass vedi par. 4.3.6), che conferiscono al vetro un'elevatissima resistenza meccanica, maggiore durezza e maggiore rigidità.



Un'altra particolare caratteristica di queste vetrate stratificate è il mantenimento della forma anche in caso di rottura degli strati di vetro.

4.3.6. TIPOLOGIE DI PLASTICO

Il vetro stratificato come indicato dalla normativa che lo disciplina (UNI 12543) viene definito un *insieme composto da un foglio di vetro e da uno o più fogli di vetro e/o plastica uniti assieme con uno o più intercalari*. Da questa definizione appare chiaro che la funzione dell'intercalare sia proprio quella di tenere unito l'insieme dei materiali che compongono il vetro stratificato.

Infatti la norma fornisce anche una definizione precisando che per intercalare si intende *uno o più strati di materiale agente come adesivo e separatore tra lastre di vetro e/o fogli di plastica*. La norma inoltre spiega che l'intercalare può fornire prestazioni aggiuntive al prodotto finito (resistenza agli urti, controllo solare ecc) e può anche incapsulare pellicole non adesive, lastre, fili, griglie ecc.

Negli ultimi anni la ricerca e il continuo sviluppo tecnologico hanno portato alla creazione di una vasta gamma di intercalari con caratteristiche molto diverse, tali da consentire una diversificazione dell'utilizzo in base alle caratteristiche desiderate del prodotto finito.

A titolo puramente esemplificativo possiamo classificare i plastici attualmente più utilizzati in cinque macrocategorie:

1. POLIVINILBUTIRRALE (PVB)

Aspetti positivi:

- Sviluppato per la laminazione vetro – vetro;
- Facile da Utilizzare e comporre;
- Molte colorazioni disponibili;
- Stabilità di colorazione nel tempo;
- Buona stabilità dei bordi;
- Materiale dal basso costo;
- Materiale estremamente standardizzato;
- Filtro UV 99,8%;
- Nessun problema nelle lavorazioni dopo stratifica;
- Adesione controllabile.



Aspetti negativi:

- Igroscopico;
- Comportamenti poco performanti alle alte temperature;
- Nessuna adesione ai metalli e scarsa adesione ai PET e PU;
- Presenza di plastificante;
- Richiede per la lavorazione cella climatizzata con temperatura e umidità controllata;

2. PVB RINFORZATI (SAFLEX DG41, TROSIFOL ES)

Aspetti positivi:

- Sviluppato per la laminazione vetro con vetro;
- Medesimi del PVB;
- Costo medio;
- Buona lavorabilità;
- Molti formati disponibili;
- Buone prestazioni post-rottura a medie temperature;
- Presenza di minor plastificante rispetto al pvb normale.

Aspetti negativi:

- Igroscopico;
- Comportamenti poco performanti alle alte temperature;
- Nessuna adesione ai metalli e Scarsa adesione ai PET e PU;
- Richiede per la lavorazione cella climatizzata con temperatura e umidità controllata.

3. IONOPLASTICO (SENTRYGLAS)

Aspetti positivi:

- Rigidità 100 volte superiore al PVB;
- Resistenza allo sforzo di taglio 5 volte superiore al PVB;
- Assenza di plastificante;
- Buon comportamento ad alte temperature;
- Elevata trasparenza;
- Buon comportamento post rottura;
- Buona adesione ai metalli.

Aspetti negativi:

- Formati limitati (ma di recente disponibile anche in rotoli);
- Solo trasparente;
- Costo elevato;
- Difficoltà di lavorazione post stratifica;
- Materiale lavorabile solo con impianti specifici;
- Richiede per la lavorazione cella climatizzata con temperatura e umidità controllata.

4. ETILVINILACETATO Generico (EVA)

Aspetti positivi:

- Materiale non igroscopico;
- Ottimo per incapsulare inserti;
- Non richiede temperatura e umidità controllate in fase di stoccaggio;
- Non richiede autoclave per la stratifica.

Aspetti negativi:

- Costo medio;
- Attualmente stratificabile solo in sottovuoto;
- Possibile leggera opacità per inserimento filtri UV;
- Possibile deterioramento delle proprietà ottiche nel tempo;
- Molte aziende produttrici, e prodotti poco standardizzati;
- Difficoltà di lavorazione post stratifica.

5. ETILVINILACETATO BRIDGESTONE (EVASAFE)

Aspetti positivi:

- Materiale non igroscopico;
- Alta resistenza all'umidità;
- Reticolazione 3DM;
- Assenza di plastificante;
- Eccellente per incapsulare inserti;
- Ottima adesione a pellicole PU, PE, PET, PC e PVC;
- Buon comportamento ad alte temperature;
- Non richiede temperatura e umidità controllate in fase di stoccaggio;
- Stabilità delle proprietà ottiche e nel tempo;
- Possibilità di avere materiale extrachiaro senza filtri UV.

Aspetti negativi:

- Costo elevato;
- Attualmente lavorabile solo in sottovuoto;
- Bassa disponibilità di formati e spessori.



4.4. VETRO TEMPRATO

La tempra termica, è il trattamento termico effettuato sul vetro per aumentarne le caratteristiche di resistenza meccanica e di resistenza allo shock termico.



ATTENZIONE

Il vetro temprato deve essere tagliato alle dimensioni richieste e ogni lavorazione (come la molatura del bordo, levigatura degli spigoli, la foratura, la svasatura o l'esecuzione di tacche) deve essere effettuata prima della tempra, come raccomandato nella UNI EN 12150-1.

Il vetro è quindi posto su un tavolo a rulli e scorre all'interno di un forno che lo riscalda alla temperatura di tempra di circa 620-660°C. Quindi è rapidamente raffreddato da getti di aria. Questo processo raffredda gli strati superficiali causandone il tensionamento, mentre la parte interna rimane calda più a lungo. Il successivo raffreddamento della parte centrale produce uno sforzo di compressione sulla superficie bilanciato da tensioni distensive nella parte interna. Gli stati di tensione possono essere visti osservando il vetro in luce polarizzata.



NOTA

Il vetro temprato è disciplinato da:

UNI EN 12150-1: Norma per esecuzione delle prove sul prodotto;

UNI EN 12150-2: Normativa di valutazione della conformità.

E' bene specificare che la UNI EN 12150 della quale parliamo di seguito è applicabile a:

- Vetro di silicato sodo-calcico;
- Tempra termica;
- Uso in edilizia;
- Solo vetro piano;
- Shower enclosures – box doccia (vedi anche norma EN 14428).



ATTENZIONE

La UNI EN 12150 non è applicabile al vetro curvo anche se temprato.

Il vetro temprato termicamente ha una resistenza di circa 3 volte superiore ad un vetro float dello stesso spessore inoltre acquisisce anche una particolare durabilità termica:

- Può sopportare temperature sino a 250° C;
- Non subisce alcuna variazione con temperatura sottozero;
- Sopporta sbalzi di temperatura fino a 200 K.

Valori di minimi di resistenza meccanica del vetro di silicato sodo-calcico di sicurezza temprato termicamente:

Tipo di vetro	Valori di resistenza meccanica N/mm ²
Float: Trasparente, verniciato, rivestito	120
Float smaltato (su superficie smaltata in tensione)	75
Altri	90

Le tolleranze di spessore, sulle dimensioni e sull'ortogonalità sono le medesime del materiale base di provenienza.



NOTA

Le tolleranze sulle dimensioni, ortogonalità e spessore di un vetro temprato sono disciplinate nella UNI EN 12150-1 ma sono le medesime delle norme del materiale di base utilizzato.

Molto importante in un vetro temprato è mantenere la planarità. Questo può dipendere dalla tipologia dell'impianto di tempra, dalla standardizzazione del processo e dalla manutenzione e della cura dell'impianto stesso.

La mancata planarità può influenzare:

- L'aspetto estetico del vetro;
- Le successive fasi di assemblaggio (laminazione);
- Il montaggio e la posa.

La norma UNI EN 12150-1:2015 prevede e regola per il vetro temprato sei diversi tipi di incurvamento:

- **Overall bow - Incurvamento generale;**
- **Roller wave distortion – Onde del rullo;**
- **Air cushion wave distortion – Distorsioni dovute alle tempra con cuscino d'aria;**
- **Edge Lift – Distorsione perimetrale solo per le tempra orizzontale;**
- **Perimeter deformation – Deformazioni perimetrali;**
- **Local distortion - Incurvamento localizzato.**

L'incurvamento generale deve essere misurato come segue:

La lastra di vetro deve essere posta in posizione verticale e sostenuta sulla sua dimensione più lunga da due supporti sistemati nei punti corrispondenti ad un quarto di detta dimensione.

La deformazione deve essere misurata lungo i bordi del vetro e lungo le diagonali come distanza massima tra una riga metallica dritta o un filo metallico teso e la superficie concava del vetro.

Il valore dell'incurvamento viene quindi espresso come la deformazione, in millimetri, divisa a seconda del caso, per lunghezza del bordo del vetro, o la diagonale, in millimetri.

La misurazione deve essere eseguita a temperatura ambiente.

Gli altri tipi di incurvamento devono essere misurati con le prescrizioni e i limiti definiti nella norma UNI EN 12150-1 del 2015.

Tabella riassuntiva limiti massimi di incurvamento secondo UNI EN 12150-1:2015

	Tempra orizzontale tradizionale			
Tipi di vetro	Spessore mm	Incurvamento Generale mm/m	Roller Wave mm	Edge lift mm
Vetro float senza coating	3	3,0	0,3	0,5
	Da 4 a 5	3,0	0,3	0,4
	Da 6 a 25	3,0	0,3	0,3
Altri	Da 3 a 19	4,0	0,5	0,5

	Tempra orizzontale con cuscino d'aria			
Tipi di vetro	Spessore mm	Incurvamento Generale mm/m	Wave mm	Deformazione perimetrale mm
Vetro float secondo EN 572-1 e 2 e vetri con coating secondo EN 1096-1	Da 2 a 12	3,0	0,3	0,3
	Oltre 12	3,0	0,3	0,5
Altri	Tutti	4,0	0,5	0,5

	Tempra Verticale		
Tipi di vetro	Spessore mm	Incurvamento generale mm/m	Distorsione locale mm/300 mm
Vetro float senza coating	3	5,0	1,0
	Da 4 a 5	5,0	1,0
	Da 6 a 25	5,0	1,0
Altri	Da 3 a 19	5,0	1,0

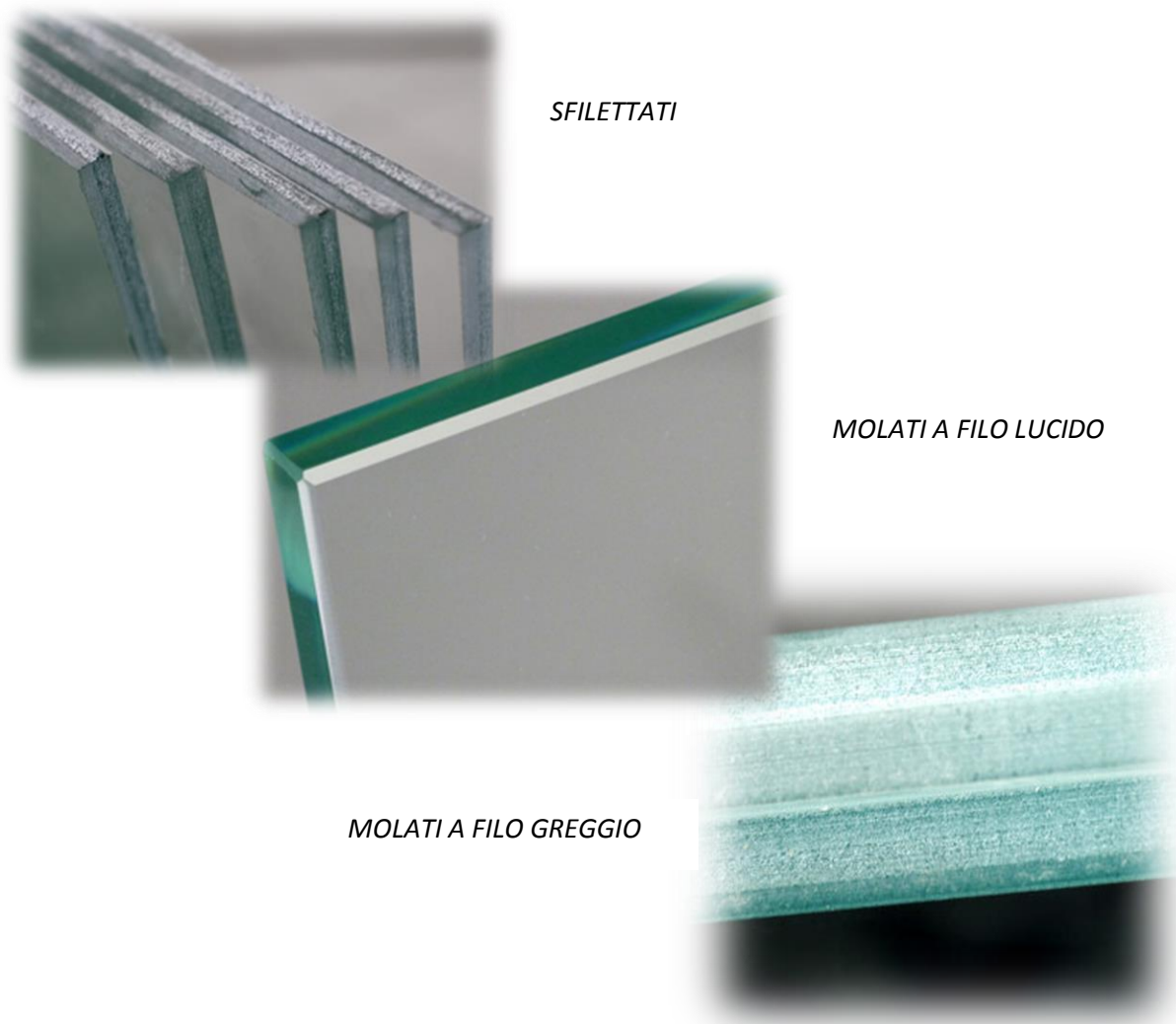
La normativa lascia un ampio margine ai valori di incurvamento, ma i consumatori finali normalmente hanno aspettative molto superiori in termini di planarità ed estetica.



ATTENZIONE

Il vetro di silicato sodo-calcico di sicurezza temprato termicamente non deve essere tagliato, segato, forato o sottoposto a lavorazione del bordo dopo il trattamento di tempra.

E' importante che le lavorazioni del bordo, i fori e le tacche siano fatti prima della tempra. Il vetro temprato deve quindi avere i bordi lavorati (generalmente in edilizia a filo piatto) e questi potranno essere:

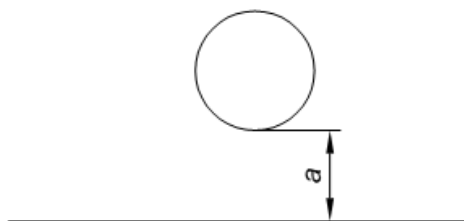


Il vetro nel quale si eseguono tacche e fori deve essere sempre temprato, ma i fori non possono essere eseguiti liberamente, bensì debbono essere praticati in punti individuati dalla norma che ne disciplina la distanza dal bordo, dall'angolo, da altri fori ecc.

- In particolare la norma specifica le distanze minime tra:

○ foro e foro;	➔ $a \geq 2d$	SPESSORE VETRO *2
○ foro e bordo vetro	➔ $b \geq 2d$	SPESSORE VETRO *2
○ foro e angolo del vetro	➔ $c \geq 6d$	SPESSORE VETRO *6
○ foro e spessore nominale del vetro		Diametro fori $\geq$ Spessore del vetro

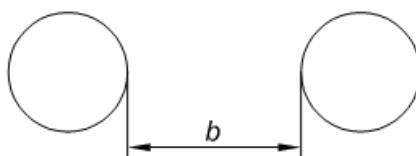
Rapporto tra il foro e il bordo della lastra



$$a \geq 2d$$

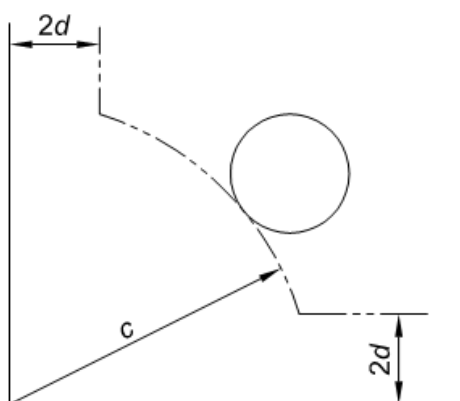
2) La distanza, b , tra i bordi di due fori non dovrebbe essere minore di $2d$.

Rapporto tra due fori



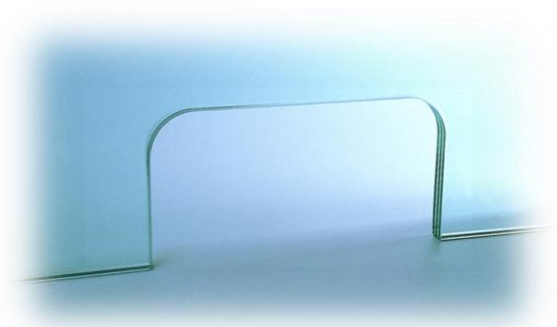
$$b \geq 2d$$

Rapporto tra il foro e l'angolo della lastra



$$c \geq 6d$$

Nella norma invece non sono definite tolleranze specifiche per le tacche, asole e lavorazioni con forma differente dai fori. In questi casi la responsabilità della lavorazione è demandata al fabbricante.



Per verificare se un temprato è conforme alla normativa è necessario eseguire la prova di frammentazione disciplinata nella UNI EN 12150-1.

Per effettuare tale prova è necessario disporre di:

- Un vetro temprato da testare di dimensioni 1100 x 360 mm;
- Utensili per la rottura: martello con punta e massa di 75g o punzone caricato a molla.

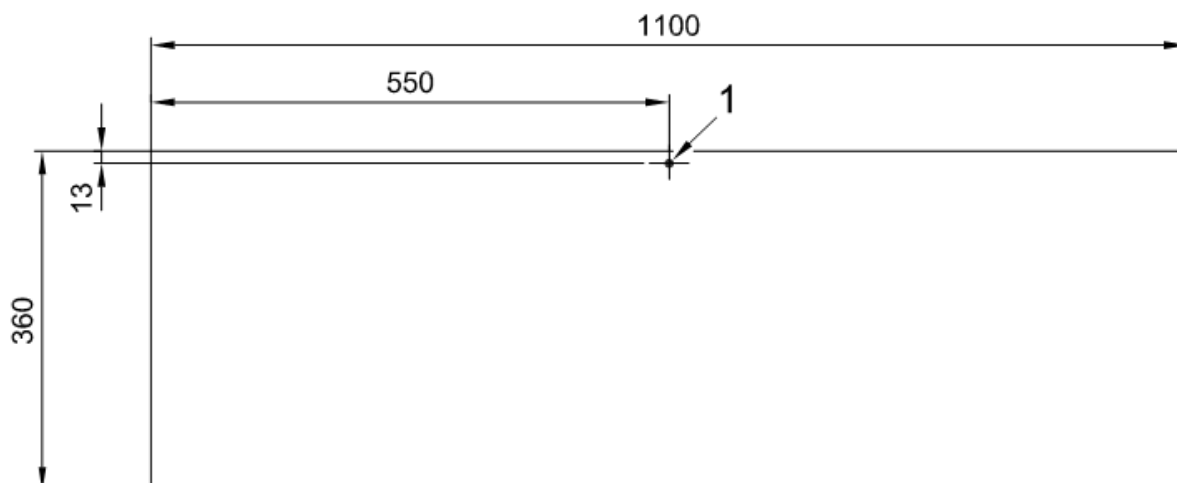


Posizione del punto di impatto

Legenda

1 Punto di impatto

Dimensioni in mm



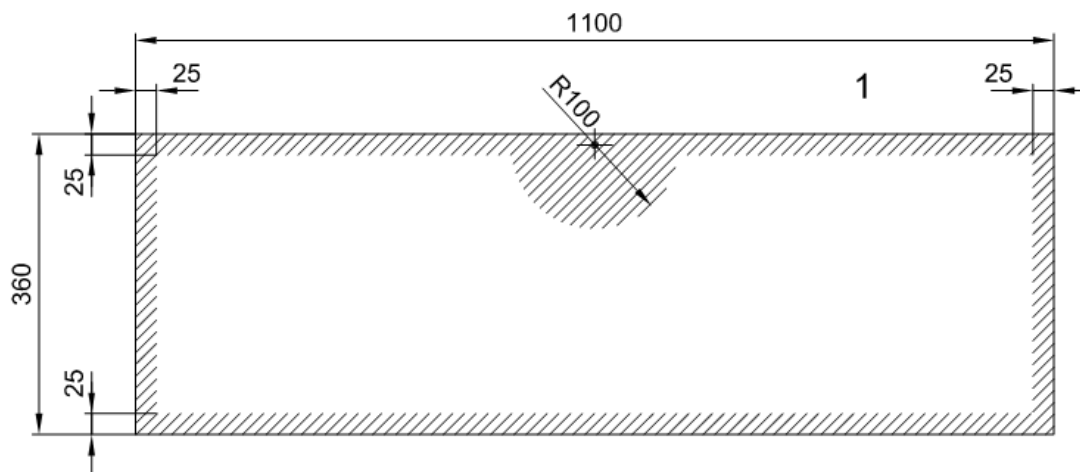
La norma prevede che vi sia una zona del vetro da prendere in considerazione per la conta dei frammenti e una zona da escludere.

Area da escludere dalla valutazione numerica della frammentazione e dalla misura del frammento più grande

Legenda

1 Area esclusa

Dimensioni in mm



Rotto il vetro è necessario fare la conta dei frammenti procedendo in questo modo:

- individuare il punto dove è situato il frammento maggiore per dimensione;
- circoscriverlo in un quadrato avente lato da 50 mm;
- procedere alla conta dei frammenti periferici. Il numero ottenuto va diviso per 2;
- procedere alla conta dei frammenti interni al riquadro (non contando più quelli periferici);
- Sommare il numero dei frammenti interni con quello ottenuto dalla divisione di quelli periferici e confrontarlo con quanto previsto dalla norma (tabella sottostante).

Valori numerici minimi dei frammenti

Spessore nominale (d) in mm	Numero minimo di frammenti	Box Doccia (EN 14428)
2	15	Non applicabile
3	15	40
Da 4 a 12	40	40
Da 15 a 25	30	30



ATTENZIONE

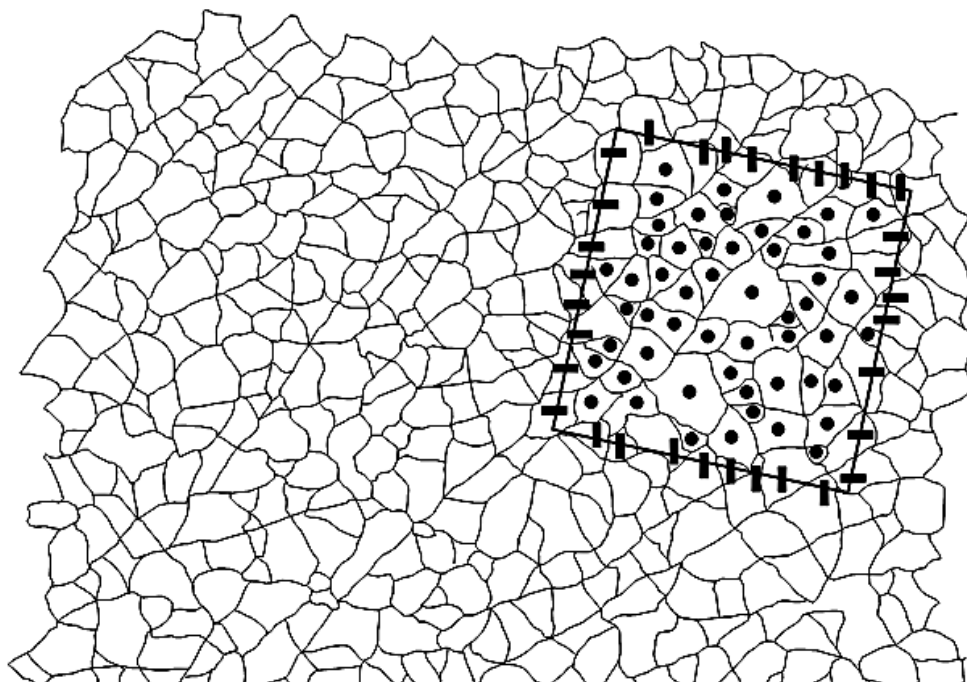
Se il vetro temprato presenta anche un solo frammento superiore ai 100 mm non è conforme alla UNI EN 12150.

Segnare e contare i frammenti centrali e sommarli al numero dei frammenti periferici per ottenere il numero di frammenti del provino

Legenda

Numero di frammenti centrali = 53

Numero totale di frammenti = 16 + 53 = 69



Il vetro temprato, proprio per il particolare trattamento al quale viene sottoposto, può presentare delle caratteristiche particolari che sono dovute alla lavorazione e non sono da considerarsi difetto. In particolare l'anisotropia e le macchie da rullo per la cui trattazione si rimanda al cap. 14 "Qualità ottica e indici di tollerabilità".



4.4.1. MARCHIO DI TEMPRA E MARCATURA CE DEL VETRO TEMPRATO

Per applicazione del marchio di tempra si intende l'applicazione fisica del marchio indelebile sul vetro secondo la UNI EN 12150-1.

Per marcatura CE si intende invece l'applicazione del marchio CE, solitamente viene eseguita sui documenti di accompagnamento del prodotto, sulle dichiarazioni di conformità dello stesso e a volte sulle dichiarazioni di prestazione (DoP).

Il vetro per essere conforme al CPR 305/2011 e di conseguenza avere la possibilità di essere marcato CE deve ottemperare ai requisiti della UNI EN 12150-2.



ATTENZIONE

Il vetro temprato per uso in edilizia e nelle costruzioni deve sempre essere marcato in modo indelebile sulla superficie secondo le prescrizioni della norma UNI EN 12150-1. La mancanza del marchio comporta la non conformità del vetro rispetto alla UNI EN 12150-1.



NOTA

La norma non specifica in che punto del vetro debba essere apposta la marcatura, che dimensione deve avere e in che colore deve essere eseguita.



NOTA

Il vetro temprato per arredamento può essere privo di marchio in quanto non considerato vetro temprato per edilizia.

La norma UNI EN 12150 ci dice che:

Il vetro di silicato sodio-calcico di sicurezza temprato termicamente conforme alla presente norma europea deve essere marcato in modo permanente. La marcatura deve indicare le seguenti informazioni:

- Nome e Marchio del fabbricante;
- Numero della presente norma europea: EN 12150-1.



NOTA

Il vetro per essere conforme al CPR 305/2011 e di conseguenza avere la possibilità di essere marcato CE deve ottemperare ai requisiti della UNI EN 12150-2.

Il vetro temprato per essere marcato CE deve essere conforme anche ai requisiti della EN 12150-2 la quale richiede che vi sia:

- ❖ Qualifica del prodotto attraverso i TT (Test Type);
- ❖ Controlli dei materiali in ingresso;
- ❖ Controlli del processo;
- ❖ Controlli sul prodotto:
 - Frammentazione;
 - Distorsioni, deformazione e incurvamento;
 - Misurazione della resistenza;
 - Misurazione ottica della compressione superficiale.

La misurazione della resistenza e la misurazione ottica della compressione superficiale sono alternativi.

4.5. VETRO INDURITO

Il vetro può essere indurito con due metodologie molto diverse:

L'indurimento chimico, un processo che modifica la composizione chimica della parte superficiale della lastra di vetro (**non oggetto di trattazione**) e l'indurimento termico.

Il vetro indurito termicamente è prodotto con un processo simile alla tempra termica con la differenza che il raffreddamento avviene molto più lentamente. La resistenza a flessione ottenibile è però all'incirca metà di quella del vetro temprato; d'altra parte la distorsione superficiale risulta inferiore. Il prodotto è utilizzato principalmente per prevenire problemi di stress termico e dove le caratteristiche di sicurezza tipiche del vetro temprato non siano richieste. Quando stratificato il vetro indurito è inoltre utilizzato per garantire un comportamento post rottura.

Il vetro indurito non ha problemi di rottura spontanea, mantiene una resistenza meccanica maggiore del vetro ricotto ed ha una minore deformazione dell'immagine riflessa. La rottura avviene con caratteristiche tali per cui il vetro indurito non è classificato come vetro di sicurezza.



ATTENZIONE

Il vetro indurito se usato in lastra singola non è un vetro di sicurezza.



NOTA

La norma che disciplina il vetro indurito è:

UNI EN 1863-1 Norma per esecuzione delle prove.

UNI EN 1863-2 Normativa di valutazione della conformità.

Il campo di applicazione è circoscritto al vetro piano quindi non è applicabile al vetro curvo.

Valori tipici del vetro indurito (da normativa):

Minimum values for the mechanical strength of heat strengthened soda lime silicate glass

Type of glass	Minimum values for mechanical strength N/mm ²
Float: clear tinted coated	70
Enamelled float (based on the enamelled surface in tension)	45
Patterned glass and drawn sheet	55

Per il suo processo di formazione il vetro indurito subisce delle distorsioni. La norma parla esplicitamente di distorsioni del rullo e distorsioni del bordo e ne definisce le tolleranze.

— Maximum values of overall bow and roller wave distortion for horizontally heat strengthened glass

Glass Type	Maximum value for distortion	
	Overall bow mm/m	Roller Wave mm
Uncoated float glass in accordance with EN 572-1 and EN 572-2	3,0	0,3
Others ^a	4,0	0,5
Dependant upon the wave length of the roller wave an appropriate length of gauge has to be used.		
^a For enamelled glass which is not covered over the whole surface the manufacturer should be consulted.		

— Maximum values for edge lift for horizontal heat strengthening

Type of glass	Thickness of glass mm	Maximum values mm
Uncoated float glass in accordance with EN 572-1 and EN 572-2	3	0,5
	4 to 5	0,4
	6 to 12	0,3
Others ^a	all	0,5
Dependant upon the wave length of the roller wave an appropriate length of gauge has to be used.		
a For enamelled glass which is not covered over the whole surface the manufacturer should be consulted.		

— Maximum values of overall bow and local distortion for vertically heat strengthened glass

Glass Type	Maximum value for distortion	
	Overall bow mm/m	Local distortion mm/300 mm
All ^a	5,0	1,0
a For enamelled glass which is not covered over the whole surface the manufacturer should be consulted.		



La frammentazione viene eseguita con le stesse attrezzature del vetro temprato ma il risultato è ovviamente diverso.

La valutazione dei frammenti deve essere eseguita seguendo le indicazioni previste nella successiva tabella.

8.5 Evaluation of fragmentation

At least four out of the five specimens tested shall meet the following requirements in order for the product to be classified as heat strengthened soda lime silicate glass.

Each test specimen:

- 1) shall have no more than 2 "island" fragments;
- 2) shall not have any "island" fragments with area/mass equivalent exceeding 1 000 mm² (see 8.4);
- 3) shall not have the area/mass equivalent of all "particles" exceeding 5 000 mm² (see 8.4).

If one of the five specimens fails to meet these requirements, then it shall meet or exceed the following requirements in order for the product to be classified as heat strengthened soda lime silicate glass:

- 4) it shall have no more than 3 "island" fragments;
- 5) the area/mass equivalent of all "islands" and "particles", shall not exceed 50 000 mm² (see 8.4).

4.6. HEAT SOAK TEST (HST)

Questo test consiste in un ciclo di riscaldamento e mantenimento a temperatura di 290°C delle lastre e viene eseguito per accelerare la rottura dei pannelli di vetro temprato che nel tempo sarebbero destinati alla rottura spontanea dovuta ad inclusioni di Solfuro di Nichel (NiS).



NOTA

L'HST è regolato dalla norma UNI EN 14179 parte 1 e 2. Il test HST si esegue come da norma solo su vetro temprato, non si esegue su vetro indurito.

La procedura prevede di mantenere il vetro in forno alla temperatura di 290°C con una tolleranza di $\pm 10^\circ\text{C}$ che deve essere inderogabilmente mantenuta per almeno 2 ore dal momento in cui la superficie di tutti i vetri ha raggiunto la temperatura di 280°C.

Segue la fase di raffreddamento a partire dall'istante in cui l'ultima lastra che abbia raggiunto i 280°C ha terminato le 2 ore di trattamento. Il raffreddamento termina quando la temperatura dell'aria nel forno scende fino a 70°C.



ATTENZIONE

La velocità di raffreddamento deve essere controllata al fine di ridurre le rotture delle lastre per tensioni di trazione indotte da sbalzo termico.



Il test permette di eliminare oltre la maggior parte delle lastre che si romperebbero in opera a causa della presenza di solfuro di nichel (NiS), creato da particelle di zolfo e nichel che inevitabilmente finiscono nella massa vetrata al momento di produzione delle lastre nei forni float.

NiS è insolubile e non può essere disciolto nel bagno fuso, per cui si formano delle inclusioni nella matrice vetrosa, simili all'effetto delle gocce d'olio nell'acqua; le inclusioni di NiS si formano durante la produzione del vetro. La particella è sferica ed in caso di rottura è individuabile in prossimità del centro dello spessore, ovvero in corrispondenza della zona in trazione (posizione critica). La forma tipica della superficie dei due frammenti di vetro contenenti l'inclusione NiS è definita a "farfalla". L'osservazione e l'analisi con risultati affidabili della composizione di tali inclusioni è realizzabile attraverso strumentazione ad elevata risoluzione.



NOTA

L'HST permette di eliminare la maggior parte delle lastre che si romperebbero in opera a causa della presenza di solfuro di nichel (NiS). Tuttavia il test HST non intercetta le inclusioni di altri materiali che tuttavia potrebbero generare rottura spontanea del vetro.

4.7. VETRO “PORTANTE”

Possiamo parlare di “vetro portante” ogniqualvolta i moduli in vetro debbano resistere a dei carichi permanenti o accidentali.

Esempi di realizzazioni ormai molto diffuse in vetro che rivestono ruolo portante sono:

- Gradini;
- piani calpestabili;
- vetrate a protezione della caduta nel vuoto;
- coperture, pensiline;
- parapetti in quanto presidi di sicurezza;
- pinne di controvento;
- pareti di piscina;

fino ad arrivare anche alla possibilità di realizzare

- travi e pilastri.

Il capitolo 9 della UNI 7697:2015 chiarisce che i manufatti in vetro devono essere opportunamente progettati in funzione di come sono vincolati e dei carichi applicati.

La norma stessa dice che il progetto deve essere effettuato sulla base di documenti idonei.

Per quanto riguarda i carichi da applicare il riferimento è il Decreto Ministeriale:

- Norme Tecniche per le Costruzioni Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 (noto con l'acronimo NTC 2008);

Per quanto riguarda la progettazione degli elementi in vetro con ruolo portante fra i documenti idonei si può citare il:

- CNR DT210:2013 “ Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Costruzioni con Elementi Strutturali di Vetro”. Documento emanato dal Consiglio Nazionale delle Ricerche riconosciuto quale documento di riferimento per la progettazione in quanto citato nel cap. 12 delle NTC 2008.

Per la progettazione di elementi avente funzione di tamponamento (es. moduli per finestre e facciate) ci si può riferire oltre che alle Norme specifiche per le facciate quali ad es.: UNI EN 14019:2004 al Documento Tecnico:

- UNI TR 11463:2012: determinazione della capacità portante di lastre in vetro piano applicate come elementi aventi funzione di tamponamento.

Sulla base dei carichi, dell'applicazione specifica, dei vincoli e delle scelte progettuali il vetro con ruolo portante sarà costituito da vetro stratificato con più lastre e con opportuni intercalari polimerici. La Norma UNI 7697:2015: “Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie” (vedi cap. 6 Risvolti Normativi) richiede inoltre che per tali applicazioni le scelte vengano fatte in modo che sia evitato il rischio di collasso immediato Post Rottura.

Ogni elemento in vetro avente ruolo portante deve essere accompagnato da opportuno progetto e Relazione di Verifica Statica.

Per il predimensionamento in fase di preventivazione di commodities vedi:

www.programmavetro.it

4.8. VETRATE ANTISDRUCCIOLO

I vetri utilizzati con il ruolo strutturale di elementi calpestabili hanno in molti casi la necessità di avere caratteristiche antisdrucchio come peraltro previsto nella UNI 7697:2015.

Esistono diverse tipologie di lastre antisdrucchio che devono però rispondere a requisiti precisi definiti al punto 8.2.2 del DM n. 236 del 14/06/1989.

Nel dettaglio i vetri antisdrucchio devono essere valutati

- secondo il metodo B.C.R.A. (British Ceramic research Association Ltd) e la superficie sottoposta a prova deve garantire valori del coefficiente di attrito maggiori di 0,40, sia in condizioni asciutte che bagnate.

Altri tipi di classificazioni (ad esempio secondo norme DIN 51130 e DIN 510097) non sono pertanto ammessi in Italia.

Il DM n. 236 del 14/06/1989 definisce anche alcuni degli ambiti in cui l'utilizzo di pavimentazione antisdrucchio è obbligatorio come ad esempio:

- spazi adibiti ad attività scolastiche, sanitarie, assistenziali, sportive;
- spazi esterni e parti comuni di edifici e complessi residenziali;
- scale comuni.



➤ **ATTENZIONE**

- Un vetro antisdrucchio deve essere sottoposto a prove definite e di conseguenza deve essere accompagnato da relativa certificazione.

4.9. VETRATE ISOLANTI (vetrocamera)



VETROCAMERA TRIPLO

**VETROCAMERA
DOPPIO**

Scopo di una vetrata isolante, sia essa utilizzata in un sistema di vetratura strutturale o in un sistema a ritegno meccanico o inserita in una struttura metallica, è offrire a chi risiede all'interno di un edificio una facciata termicamente performante che richieda una minima manutenzione nell'arco di vita previsto. Le classiche vetrate isolanti sono in genere costituite da due (talvolta tre) pannelli di vetro separati da un'intercapedine. I pannelli di vetro vengono sigillati, con due sigillature:

- una prima volta da un cordone di butile sul canalino per evitare fuoriuscite di gas e penetrazioni di vapore acqueo
- una seconda volta lungo il perimetro e da un sigillante che garantisce la tenuta meccanica fra le lastre, la seconda sigillatura assicura che le vetrate siano sigillate ermeticamente e risultino sufficientemente stabili per sopportare le sollecitazioni termiche e quelle legate al carico del vento.

La camera d'aria tra due lastre di vetro serve per offrire una resistenza al passaggio del calore attraverso il serramento (che avviene dall'interno verso l'esterno in inverno e dall'esterno verso l'interno in estate).



NOTA

Le prestazioni di una vetrata isolante variano in funzione dei materiali utilizzati e della composizione della stessa.

Il vetrocamera può essere di diverse tipologie a seconda delle modalità di assemblaggio. Tra le più comuni distinguiamo:

- Vetrocamera doppi: è la tipologia più semplice di vetrocamera e si compone di due vetri distanziati tra loro, da una canalina e una camera d'aria che si crea tra i due vetri;
- Vetrocamera tripli: nei tripli vetri, rispetto ai doppi vetri, le intercapedini diventano due, così come aumenta il potere isolante di tutto il serramento;
- Vetrocamera con sigillatura UV: prescritta nelle applicazioni con bordo a vista e a contatto con gli agenti atmosferici.

4.9.1. APPELLATIVI DEL VETROCAMERA E MARCATURA CE

Una vetrata isolante, comunemente detta "vetrocamera", è formata da due o più vetri accoppiati, separati da un intercapedine di aria disidratata o di gas, protetta su tutto il perimetro da una doppia sigillatura. Il vetro utilizzato può essere di varie tipologie, monolitico temprato o stratificato di sicurezza, trasparente o coprente, basso emissivo, riflettente o selettivo etc.

Comunemente un vetrocamera si nomina indicando la sommatoria degli spessori dei suoi componenti, cioè VETRO + CAMERA + GAS + VETRO. Un vetrocamera 44.1-16Gas-33.1 BE è composto da un vetro stratificato 44.1 e un vetro stratificato 33.1 Basso Emissivo separati da una camera da 16 mm contenente Argon al 90% Min., per uno spessore totale di circa mm 30.7 (nominali).

L'utilizzo di vetri speciali nel vetrocamera, come i BASSO EMISSIVI, i SELETTIVI e a CONTROLLO SOLARE, limita la dispersione termica della vetrata e aumenta il risparmio sulla bolletta del riscaldamento. L'utilizzo dei vetri selettivi e a controllo solare permette di adeguare le caratteristiche energetiche e luminose in funzione dello specifico utilizzo.

La sostituzione dell'aria disidratata con il gas nobile ARGON, più isolante, riduce notevolmente la trasmittanza termica della vetrata (valore Ug). Utilizzando inoltre un profilo a BORDO CALDO (warm edge) si abbassa la trasmittanza termica lineare (valore psi o Ψ_g) e si risparmia evitando sprechi di energia.

E' obbligo del produttore fornire la DICHIARAZIONE di PRESTAZIONE (DoP - vedi cap.16), che indica il nome del produttore e alcune caratteristiche tecniche della vetrata isolante acquistata, come trasmittanza termica, trasmissione luminosa, fattore solare, ecc.



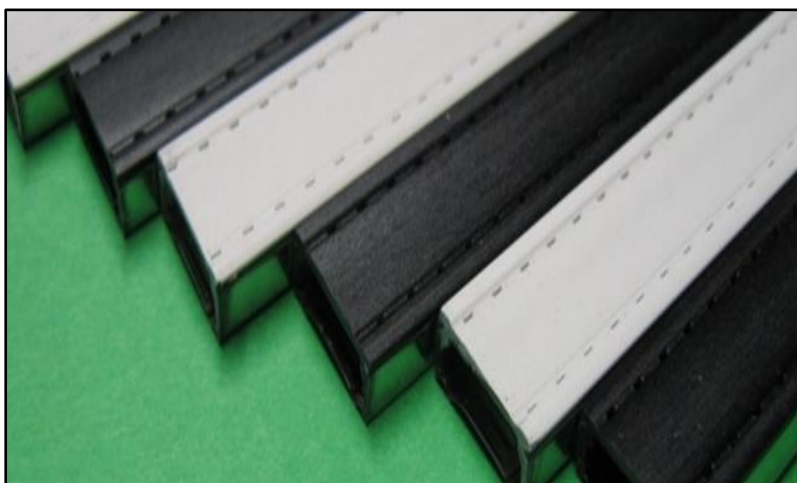
ATTENZIONE

E' bene ricordare, quando si parla di vetrate isolanti, che la Marcatura CE secondo CPR 305/2011 è un obbligo di legge e il disattenderlo ha risvolti penali. Oltre ai controlli iniziali (TT), sono obbligatori anche controlli in fabbrica giornalieri e prove periodiche annuali previste dalla UNI EN 1279.

4.9.2. DISTANZIATORI A BORDO CALDO E BORDO FREDDO

In un'epoca di sempre maggior attenzione al risparmio energetico, ogni componente della vetrata isolante richiede attenzione e innovazione costante. L'alluminio normalmente impiegato nella costruzione dei distanziatori è un ottimo conduttore e pertanto crea un forte ponte termico che porta ad una perdita di calore dal bordo del vetro.

La continua ricerca di nuove soluzioni ha portato alla comparsa di una nuova generazione di distanziatori i cd. warm edge anche detti a bordo caldo.



Vengono definiti “bordo caldo” tutti quei distanziatori costruiti con materiali il cui coefficiente di conducibilità termica lineare, sensibilmente inferiore al tradizionale distanziatore in alluminio, contribuisce a migliorare le prestazioni della finestra abbattendone il ponte termico al bordo. Tali materiali possono essere di natura diversa a seconda delle tipologie di distanziatore (schiume flessibili, termoplastici, combinati plastica/metalli, vetroresina ecc.).

Per facilità di classificazione possiamo distinguere i distanziatori a bordo caldo in tre gruppi:

1° Gruppo Distanziatori Flessibili: Materiali a base termoplastica e/o siliconica duttili, flessibili e con setacci molecolari incorporati. Questi possono essere:

a) I tipi “butilici” applicati a caldo senza altra aggiunta.

b) I tipi “siliconici” applicati a freddo, che nella loro versione più evoluta vengono butilati lateralmente e con il dorso a contatto con il sigillante esterno. Per essere utilizzati dal produttore di Vetrate Isolanti in accordo alla marcatura CE, necessitano di ripetizione e superamento di tutte le prove iniziali, quindi dei test:

- UNI EN 1279/2 (Penetrazione dell'Umidità);
- UNI EN 1279/3 (Velocità di Perdita di Gas).

2° Gruppo Distanziatori Combinati: Plastica/Metallo, Materiali Plastici (Policarbonati, Polipropilene, ecc.), Vetroresina accoppiati con foils metallici o di altra natura. Per essere utilizzati dal produttore di Vetrate Isolanti in accordo alla marcatura CE, necessitano di:

- Riferimento delle Prove iniziali di durabilità alla penetrazione dell'umidità e alla perdita di gas eseguita a cura dei Produttori del Distanziatore (UNI EN 1279 2/3);
- Rifacimento delle Prove iniziali di durabilità alla penetrazione dell'umidità e alla perdita di gas da parte dei Produttori di Vetrate per dimostrare le capacità di un loro corretto utilizzo (UNI EN 1279 2/3).

3° Gruppo Distanziatori in Acciaio Inossidabile: Materiali in solo acciaio inossidabile la cui modalità di lavorazione è simile ai distanziatori di alluminio, ma con alcuni accorgimenti derivanti dall'uso di un materiale decisamente differente. Non necessitano di prove ulteriori rispetto a quelle già effettuati con i distanziatori di alluminio.



NOTA

Studi recenti dimostrano come l'utilizzo di distanziatori bordo caldo porti a una riduzione pari al 10% della trasmissione termica della finestra e conseguente riduzione delle spese di riscaldamento, oltre a minori emissioni di CO₂ con relativi benefici ambientali. Inoltre con i distanziatori a bordo caldo il punto di rugiada si abbassa significativamente e questo fa sì che diminuiscano i fenomeni di condensa con tutte le conseguenze negative che seguono.

Tuttavia però l'uso di distanziatori warm edge presenta delle criticità sia in termini di risultati che in termini di lavorazione. Si evidenzia che i profili warm edge risultano molto flessibili, questo può comportare disallineamenti del canalino in funzione del bordo vetro, con specifico riferimento alle vetrate triple.

Una fattore del quale tener conto nella scelta del distanziatore è la compatibilità con i sigillanti al bordo nonché l'adesione al sigillante esterno. Non sempre infatti le prove effettuate hanno dato buoni risultati di adesione.



ATTENZIONE

L'inserimento dei profili warm edge apporta dei miglioramenti al valore di trasmittanza termica lineare della finestra definito valore Ψ_g o ψ_i .

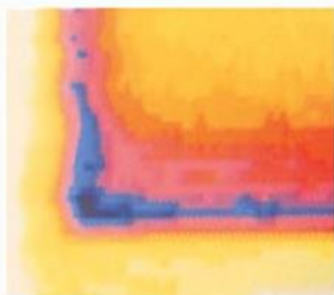
Al miglioramento del valore di trasmittanza termica lineare (Ψ_g), migliorano anche le prestazioni termiche globali della vetrata isolante (valore U_w)

L'utilizzo di profili warm edge non modifica invece il valore U_g che si riferisce solo alla parte vetrata centrale.

CON DISTANZIATORE WARM EDGE



SENZA DISTANZIATORE WARM EDGE



TEMPERATURA SUL BORDO DELLA FINESTRA

CONDIZIONI

Temperatura esterna = -17°C

Temperatura interna = 22°C

Umidità relativa interna alla stanza = 25%

I distanziatori classici pochi minuti prima dell'assemblaggio della vetrata isolante vengono riempiti con Sali disidratanti. Il disidratante ha due funzioni:

- Assorbire selettivamente l'umidità ambientale contenuta nell'intercapedine al momento della sigillatura finale della vetrata isolante;

- Eliminare quella minima quantità di umidità che, nel tempo, tende ad infiltrarsi, attraverso il sigillante, all'interno della vetrata. Questo accade perché il vetrocamera è un sistema chiuso, che contiene aria secca, dove il sigillante, sotto l'azione degli agenti atmosferici, non è in grado di assicurare l'assoluta ermeticità all'aria naturale esterna umida.



ATTENZIONE

Il disidratante essendo contenuto all'interno del distanziatore, risulta invisibile e quindi non controllabile, sebbene la vita della vetrata dipenda in modo sostanziale da esso (sarà tanto più lunga quanto maggiore è la sua quantità e migliore la sua qualità).

Quando il disidratante si esaurisce e quindi non è più in grado di eliminare l'ulteriore umidità che entra all'interno dell'intercapedine, compare sui vetri la condensa. Alcuni disidratanti possono provocare l'adsorbimento e il deassorbimento dell'azoto (che, unitamente all'ossigeno è uno dei principali componenti dell'aria che respiriamo) generando la variazione della pressione interna della vetrata isolante con conseguenti distorsioni evidenti e talvolta vistose sulla stessa e sul sigillante.

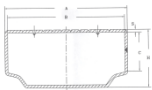
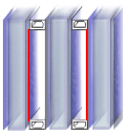
Le prestazioni dei vari distanziatori a bordo caldo detti anche “WARM EDGE” varia sia in funzione della composizione del vetrocamera che dal tipo di telaio in cui i vetri vanno montati.

Il valore ψ o Ψ_g è influenzato infatti da i seguenti parametri:

- Tipo di infisso su cui il vetro andrà montato;
- Tipologia del distanziatore a bordo caldo utilizzato;
- Composizione della vetrata isolante.

Ogni produttore di distanziatore a bordo caldo deve eseguire le prove previste dalla norma e dichiarare le relative prestazioni del sul distanziatore in funzione del tipo di serramento e vetro utilizzato.

Per informazione indichiamo i valori ψ di alcuni distanziatori a bordo caldo presenti in commercio:

	 Distanziatore	Tipo di serramento			
		Metallo taglio termico	PVC	Legno	Legno Alluminio
 Vetro Doppio Es. 4be+16gas+4	Alluminio	0.110	0.080	0.080	
	Acciaio Inox	0.086	0.057	0.053	
	Warm Edge	0.051	0.041	0.041	0.044
 Vetro Triplo Es. 4be+12gas+4 +12gas+4be	Alluminio	0.110	0.080	0.080	
	Acciaio Inox	0.088	0.059	0.058	
	Warm Edge	0.045	0.038	0.039	0.042



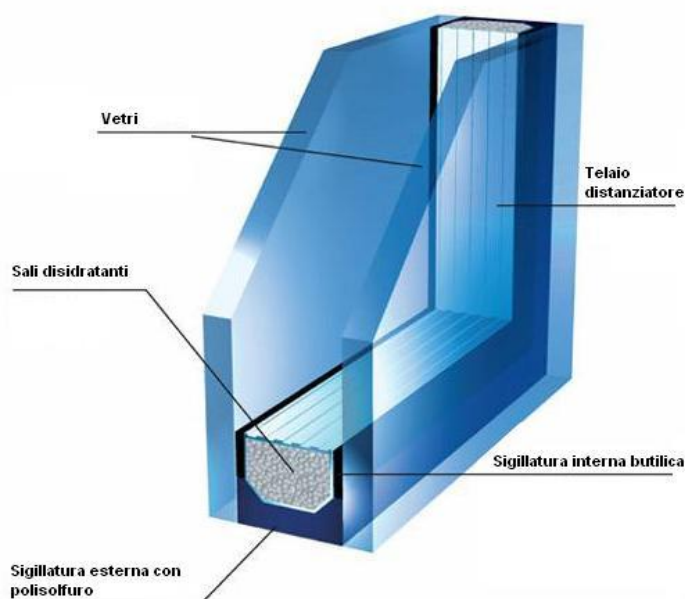
NOTA

L'uso di canalini a bordo caldo non influenza il valore U_g del vetro isolante, ma migliora il valore ψ o Ψ_g , tale valore deve essere determinato anche in funzione del tipo di telaio utilizzato e della composizione della vetrata isolante. Utilizzo di canalini a bordo caldo di conseguenza migliora il valore U_w e U_f del serramento.

4.9.3. SIGILLANTI

Le vetrate isolanti "classiche" a doppia barriera vengono costruite con un primo sigillante butilico "detto primario" che svolge l'importantissima funzione di principale barriera alla penetrazione del vapore acqueo all'interno dell'intercapedine ed evita la fuoriuscita del gas (Argon, Krypton ecc.).

Inoltre assicura l'adesione delle lastre al distanziatore, sia durante la fabbricazione del pannello, sia durante tutto il tempo necessario al sigillante secondario per sviluppare le proprie caratteristiche.



Il cordolo di butile viene applicato, senza alcun punto di interruzione, su tutto il profilo intercalare. Qualora il profilo sia del tipo con giunti angolari viene assicurata anche la chiusura con butile dell'interstizio del canalino in prossimità dell'angolare stesso. Si denota che l'applicazione del butile può comportare leggeri sbordamenti visibili oltre il limite del canalino. Questo effetto non può tuttavia considerarsi difetto.

Viene quindi applicato un sigillante secondario (polisolfuro, poliuretano, silicone, hot melt) che tramite l'adesione ai vetri ed al canalino distanziatore, evita le sacche di ristagno d'aria ed assicura che il butile sia in grado di esercitare al meglio la propria funzione di barriera al vapore e quindi non venga sottoposto, sotto l'azione dei carichi statici e dinamici del vetrocamera, a movimenti superiori alle proprie capacità.

4.9.4. VALVOLE ALTIMETRICHE E TUBI CAPILLARI

La pressione all'interno dell'intercapedine della vetrata isolante può influenzare molto l'aspetto estetico di planarità di una vetrata isolante, ciò può avvenire:

- Per variazione esterna della pressione. La deformazione di un vetrocamera può essere conseguenza di una sensibile differenza tra la pressione presente laddove è stato assemblato e la pressione ambiente (legata alla quota altimetrica) che caratterizza la località in cui i vetri vengono installati. Per risolvere questo inconveniente è sufficiente informare il produttore del vetrocamera, che installerà opportuna valvola per garantire il riequilibrio delle pressioni una volta che il vetro sarà arrivato a destinazione.

- Per variazione della temperatura e conseguente espansione o contrazione del volume di aria o gas contenuto nella vetrata isolante. L'intercapedine della vetrata isolante si dilata con la pressione atmosferica in diminuzione e con la temperatura in aumento e si comprime con la pressione atmosferica in aumento e la temperatura in diminuzione. Oltre alla variazione di pressione interna è necessario tenere conto anche delle variazioni di pressione esterna dovute all'evolvere delle stagioni.

In particolare possiamo avere una consistente variazione di pressione nei casi in cui vi sia un dislivello altimetrico importante tra il luogo in cui il vetrocamera viene assemblato e il luogo in cui viene posato. Generalmente questo dislivello diviene importante quando supera i 600 mt.



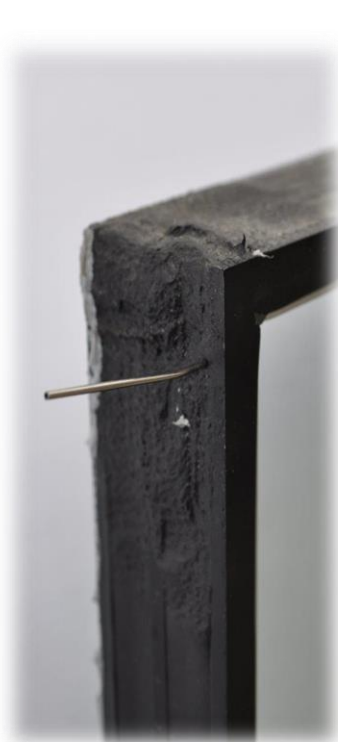
NOTA

Informare il produttore di dislivelli altimetrici superiori ai 600 mt tra zona di produzione e zona di utilizzo della vetrata isolante.



ATTENZIONE

Una volta arrivati a destinazione provvedere a chiudere le valvole altimetriche con sigillante butilico e successivo sigillante siliconico. I tubi capillari devono essere schiacciati e tagliati l'estremità deve essere chiusa con sigillante butilico.



Per ovviare a questo problema si utilizzano le valvole altimetriche o i tubi capillari che consentono una compensazione della pressione anche all'interno del vetrocamera fino al momento della posa in cui le valvole e i tubi capillari sono occlusi internamente tramite sigillante butilico e esternamente con sigillante siliconico.

L'applicazione delle valvole e tubi capillari deve essere eseguita a regola d'arte in modo di garantire che la vetrata isolante rimanga impermeabile all'umidità e alla perdita dei gas.



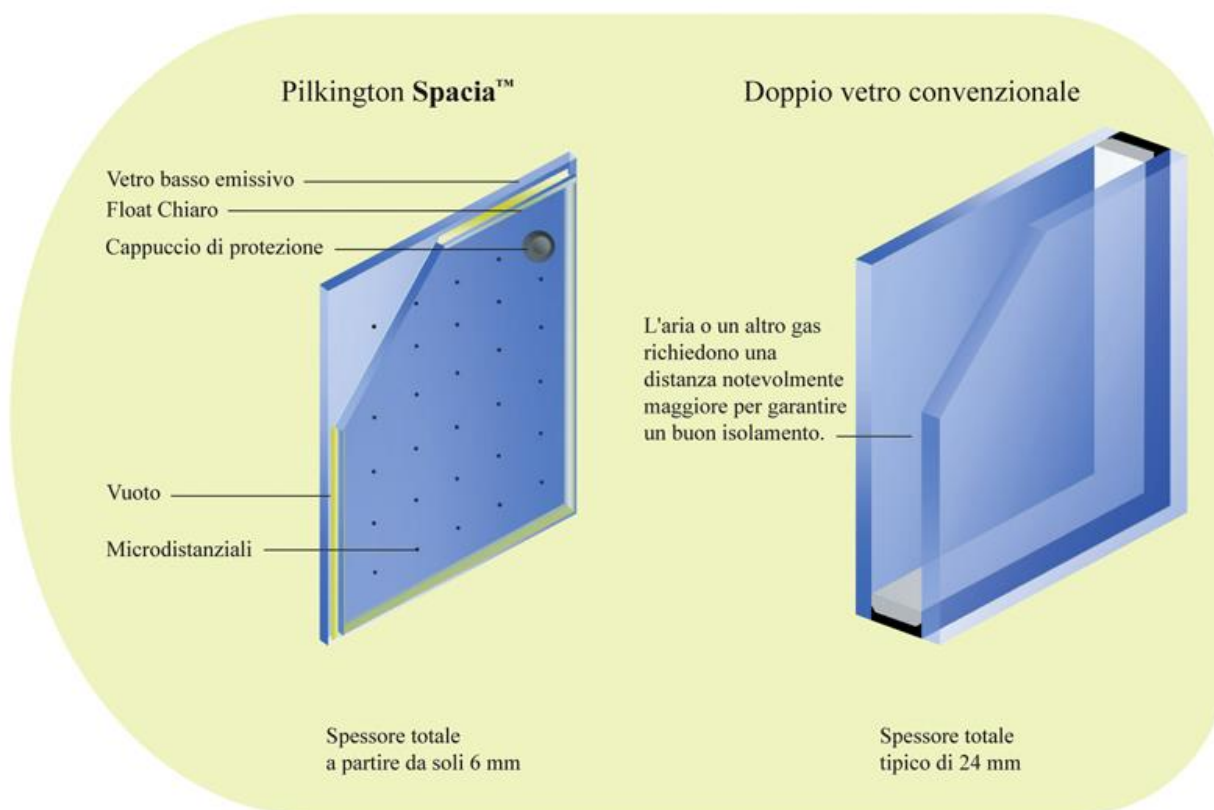
Si denota inoltre che l'utilizzo del gas Argon nella vetrata isolante, essendo un gas più pesante dell'aria, risulta meno sensibile alle variazioni di pressione quindi più adatto ad un utilizzo in ambienti con forti sbalzi termici o di pressione.

4.10. VETROCAMERA SOTTOVUOTO

I vetrocamera sottovuoto, sono vetrocamera all'interno delle quali viene realizzato il vuoto (tipo Pilkington Spacia). Per un vetrocamera sottovuoto realizzato con vetro float tradizionale, la trasmittanza può essere ridotta a valori fino a 2,5 W/mqK. Se una delle due lastre è basso emissiva poi, si può scendere fino a circa 0,5 W/mqK.

Poiché la pressione all'interno dell'intercapedine deve essere ridotta intorno a 0,1 Pa, i due vetri contrapposti, normalmente spessi 3 – 4 mm, non sono in grado di sopportare gli effetti della differenza di pressione tra l'esterno e l'interno dell'intercapedine. Per tale motivo, è necessario adottare tra le due lastre dei piccolissimi distanziatori di diametro compreso tra 0,25 e 0,5 mm, realizzati in composti ceramici, acciaio o in lega a base di nickel, che saranno disposti a maglia quadrata e distanziati circa 20 mm tra loro.

Il problema di questi pilastri è che creano concentrazione di tensione e ponti termici tra i due vetri. Si tratta di una tipologia di vetro molto particolare che viene utilizzata abbastanza di rado.



4.11. VETROCAMERA CON TENDA INTERNA

Un sistema alternativo per schermare le finestre dall'eccessivo irraggiamento solare, oltre che per proteggere la privacy degli ambienti interni, è rappresentato dall'utilizzo di tende che, anziché essere posizionate all'esterno dell'infisso, ne fanno proprio parte, in quanto inserite nel vetrocamera, l'intercapedine compresa tra due lastre di vetro.

Solitamente si tratta di:

- tende alla veneziana;
- tende plissè;
- tende a rullo.



Queste possono essere movimentate manualmente (a pomolo o a corda), automaticamente, quando funzionano mediante motore ad alimentazione elettrica o con moduli batteria. In ogni caso il funzionamento è dovuto all'accoppiamento di due comandi magnetici, uno posto all'esterno del vetro e uno all'interno, la cui durata è pressoché eterna, poiché la smagnetizzazione è stimata nell'ordine del 2% ogni 100 anni.

La tenda integrata all'interno di un vetrocamera è una tipologia largamente utilizzata negli uffici, dove esiste la duplice esigenza di schermare le postazioni di lavoro dal riflesso della luce solare e di separare adeguatamente vari spazi, ma è sempre più utilizzata anche nelle abitazioni private. In particolare, la tenda in vetrocamera è molto utile in quei casi in cui risulta difficile ricorrere a tipologie tradizionali di tende, per difficoltà legate alla loro corretta apertura (ad esempio per schermare le aperture degli abbaini nelle mansarde).



MANUTENZIONE

Da non dimenticare poi, la maggiore facilità di manutenzione di tutto il sistema infisso: l'inserimento della tenda in vetrocamera facilita la pulizia dei vetri e le tende stesse appariranno sempre pulite e prive di polvere, essendo alloggiare in uno spazio perfettamente sigillato.

Per il trasporto in fabbrica o verso il cantiere, delle vetrature isolanti con tenda incorporata, occorre posizionare le vetrature in verticale con la tenda posta nella parte bassa del vetrocamera.

Solo nel caso in cui le dimensioni delle lastre superano la misura consentita in altezza, la vetratura può essere coricata sul lato più lungo; in ogni caso le lamelle o il tessuto della tenda devono essere impacchettati, per evitare di danneggiarli. In presenza di vetrocamera con basso emissivo, disporre sotto il vetro normale, in modo da non rovinare la couche interna.

Per le tende con solo orientamento, il trasporto va effettuato con il cassonetto della tenda in posizione alta evitando di capovolgere la tenda ed orientando le lamelle in posizione aperta.

Nei paragrafi che seguono sono illustrate alcune specifiche tecniche relative alle tipologie di tende da incorporare nel vetrocamera attualmente maggiormente diffuse.



4.11.1. TIPOLOGIE DI TENDA E FUNZIONAMENTO

Sistema Pomolo/comando basso: Per orientare le lamelle, ruotare il pomolo a destra o a sinistra.

Sistema Corda: Per orientare le lamelle, tirare leggermente il lembo destro o sinistro della corda fino al raggiungimento dell'inclinazione desiderata; per sollevare o abbassare le lamelle o il tessuto, tirare il lembo destro o sinistro della corda.

Sistema Motori: Per orientare le lamelle della tenda, tenere premuto l'apposito pulsante fino al raggiungimento dell'inclinazione voluta. La bassa velocità di funzionamento iniziale permette un'accurata ricerca dell'inclinazione. Nel caso di utilizzo del doppio commutatore, la posizione rimane mantenuta per cui per effettuare l'orientamento, occorre passare velocemente da una posizione estrema alla posizione centrale del commutatore.

Per movimentare la tenda, il pulsante dovrà essere premuto per tutta la durata dell'orientamento e rilasciato al momento in cui interviene l'alta velocità.

Per fermare la corsa della tenda, è sufficiente premere con un impulso uno dei due pulsanti di azionamento oppure spostare in centro il doppio commutatore.

4.11.2. MANUTENZIONE

Il prodotto non necessita di alcun tipo di manutenzione: tutta la schermatura è contenuta nel vetrocamera, protetto quindi dall'esposizione a polvere, sporco ed eventuali fenomeni esterni. Pulizia dei dispositivi esterni al vetrocamera (tendicorda, comando esterno, corda ecc.) da eseguirsi con detergenti non aggressivi.



4.11.3. CRITERI DI ACCETTABILITA' DEI DIFETTI

Dimensioni e tolleranze

La tenda interna al vetrocamera prevede una distanza fra lamelle e canalina di almeno 3,5 mm per ogni lato; questo per consentire un libero movimento del sistema e permettere la dilatazioni termica delle lamelle in alluminio.

Tolleranze di parallelismo del fondale

L'impacchettamento dei terileni non è sempre regolare e costante. Questo comportamento può causare una inclinazione del fondale, soprattutto nelle tende strette e alte. Di seguito le inclinazioni massime ammesse:

Posizione bassa +/- 2 mm

Posizione intermedia +/- 6 mm

Posizione alta +/- 7 mm

Tolleranza della flessione del fondale

La flessione massima del fondale e delle lamelle nel loro punto mediano, rispetto agli estremi, è in funzione della larghezza della tenda. La tabella sotto riporta le misure di flessione accettabili.

Larghezza della veneziana Flessione delle lamelle e del fondale

Inferiore a 1,5 m	5 mm
Compresa tra 1,5 m e 2,5 m	10 mm
Maggiore di 2,5 m	15 mm

Orientamento incompleto delle lamelle

Durante la discesa della tenda veneziana, alcune lamelle possono rimanere incastrate tra i terileni e non orientarsi completamente. Le stesse lamelle si rimetteranno nella corretta posizione al successivo orientamento. Di seguito le quantità di lamelle che possono restare non orientate durante la discesa della tenda:

Numero di lamelle della tenda	Numero massimo di lamelle con orientamento incompleto
Meno di 50	0
Da 50 a 100	2
Da 100 a 150	3
Da 150 a 200	4
Più di 200	5

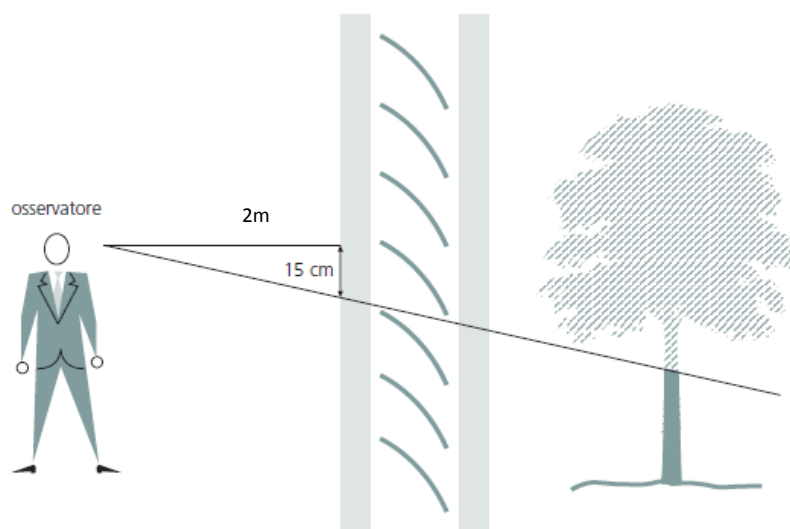
Angolo di chiusura lamelle

L'orientamento delle lamelle assicura la regolazione ed il controllo di luminosità dell'ambiente. Questa funzione è realizzata attraverso le scalette che con il loro movimento consentono l'orientamento delle lamelle.

L'angolo di chiusura delle lamelle dev'essere non inferiore a 60°, misurati rispetto all'asse ortogonale al piano del vetro interno. Le tolleranze di tale angolo di chiusura dipendono dall'altezza della tenda. Più precisamente:

Altezza tenda	Tolleranza	Angolo minimo di chiusura
Fino ad 1 m	5°	55°
Maggiore di 1 m	10°	50°

Per effettuare il controllo della corretta chiusura delle lamelle seguire le seguenti istruzioni, rifacendosi al disegno sotto riportato:



Chiudere completamente le lamelle con il lato concavo rivolto all'interno

- Porsi ad una distanza di 2 metri dal vetro interno, dopo aver individuato la linea sulla vetrata corrispondente all'altezza degli occhi;
- Osservare all'esterno la fascia nascosta dalle lamelle;
- Non devono scorgersi oggetti dietro la vetrata per una fascia di almeno 150 mm sotto la linea dell'altezza degli occhi (ciò corrisponde ad una inclinazione delle lamelle di circa 60°).



NOTA

Per effetto di tale tolleranza è possibile che tende vicine abbiano un diverso grado di chiusura.

Sovrapposizione lamelle

Le singole lamelle devono sovrapporsi per una larghezza > 1 mm con l'angolo massimo di chiusura 60°.

Parallelismo lamelle

La massima escursione della singola lamella rispetto alla posizione orizzontale deve essere inferiore ai 2mm al metro. Questa misura è effettuata in più punti della vetrata con lamelle orientate orizzontalmente.

Estetica della veneziana

Modalità di valutazione

La valutazione della qualità della tenda dev'essere conforme a quanto previsto nei seguenti punti:

- il vetrocamera con tenda incorporata posto in verticale, come previsto nell'utilizzazione finale;
- la tenda dev'essere abbassata e le lamelle orientate a circa 45°;
- l'osservatore deve posizionarsi alla distanza di 2 m dal vetrocamera con linea d'osservazione perpendicolare alla superficie dello stesso;
- prima della valutazione, i punti di possibile non conformità non dovranno essere contrassegnati;
- durante la valutazione non dovrà esserci irraggiamento solare diretto sulle lamelle.

Criterio di accettabilità

La superficie del vetrocamera, deve essere suddivisa in due zone:

Zona perimetrale: corrisponde alla cornice del vetrocamera per un'altezza pari a 5 cm. Tale zona comprende quindi il cassonetto ed il fondale della tenda, la parte finale delle lamelle e del tessuto e le canaline distanziatrici. In questa zona i difetti sono così regolati:

Inclusioni, puntini, difetti di rivestimento: Max. 1 difetto con dimensione massima di 3 mm per ogni metro quadro di superficie di vetrocamera.

Depositi sulle lamelle / macchie su tessuto: max. 1 difetto con dimensione massima di 3 mm per ogni metro quadro di superficie di vetrocamera. Per lo sporco all'estremità delle lamelle vedasi "abrasione sui canalini laterali" descritta in fondo.

Graffi / segni su tessuto: leggeri graffi appena visibili sono accettati se la loro somma non supera i 30 mm di lunghezza. La lunghezza massima del singolo graffio non deve essere superiore a 15 mm.

Zona centrale: corrispondente alla rimanente superficie (esclusa la zona perimetrale). Tale zona comprende la parte centrale della tenda, che deve presentare i minori difetti. Per gli elementi della tenda (cassonetto, lamelle, tessuto e fondale) sono accettati i difetti sotto elencati, tenendo conto che la superficie totale del vetrocamera dev'essere arrotondata all'unità superiore:

Inclusioni, puntini, difetti di rivestimento: Max. 1 difetto con dimensione massima di 2 mm per ogni metro quadro di superficie di vetrocamera.

Depositi sulle lamelle / macchie su tessuto: max. 1 difetto con dimensione massima di 2 mm per ogni metro quadro di superficie di vetrocamera.

Graffi / segni su tessuto: leggeri graffi appena visibili sono accettati se inferiori a 3 e con lunghezza massima del singolo graffio non supera i 15 mm.

Abrasioni sui canalini laterali: Per limitare e quindi procrastinare nel tempo la formazione di polvere di alluminio (effetto dust) rilasciata dalle canaline laterali, i distanziatori laterali dei kit sono opportunamente trattati per mantenere inalterato nel tempo il colore delle lamelle, in prossimità delle canaline laterali, dove avviene il contatto con le lamelle stesse. Il suddetto trattamento delle canaline è stabile all'irraggiamento solare e non dà origine a nessuna formazione di fogging.



ATTENZIONE

E' comunque prevista la formazione di un leggero e tollerato grado di "effetto dust" sulle lamelle.

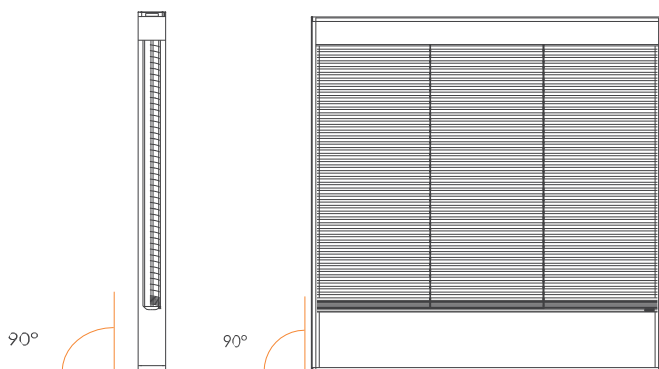
4.11.4. TRASPORTO E POSA VETRO CON VENEZIANE

Trasporto del vetro con veneziane

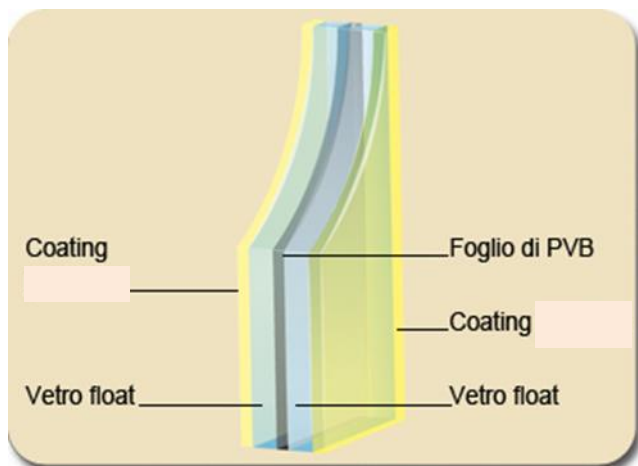
Il trasporto e la movimentazione di cantiere del vetro con le veneziane incorporate devono essere eseguite con veneziane impacchettate e chiuse. Il vetro deve essere trasportato in verticale e cioè appoggiato sul lato di base (vedi figura sotto). Terminato le operazioni di trasporto e movimentazione di cantiere, le veneziane devono essere abbassate. Tutte le movimentazioni devono essere eseguite con veneziane perfettamente perpendicolari e su piano perfettamente orizzontale (vedi figura sotto).

Posa vetro con veneziane

Il vetro con veneziane deve essere installato in modo perfettamente perpendicolare al terreno e su piano perfettamente orizzontale.



4.12. VETRI COATIZZATI



Il vetro viene utilizzato in edilizia per permettere gli apporti di illuminazione naturale e di energia solare e consentire agli occupanti dell'edificio l'osservazione diretta sull'ambiente esterno. Da tempo gli sforzi dei produttori sono indirizzati a migliorare le proprietà tecnologiche del vetro piano per edilizia al fine di aumentare l'efficienza delle vetrature in termini di comfort abitativo e risparmio energetico. Questi miglioramenti tecnologici sono stati ottenuti attraverso la creazione di vetri "coatizzati", così chiamati perché derivanti dall'applicazione di film (o strati)

sottili nanometrici (coating) sulla superficie del vetro attraverso diverse tecniche di deposizione. A seconda della tipologia di deposito si possono distinguere vetri a controllo solare o selettivi (cioè che limitano i raggi del sole in ingresso) e vetri basso emissivi (cioè che limitano la trasmissione di calore).

4.12.1. SCELTA DEI MATERIALI

La scelta dei materiali utilizzati per la produzione di coating su vetro si basa su una serie di requisiti di cui questi materiali devono rispondere; in sostanza i prodotti utilizzati devono:

1. essere non tossici;
2. essere facilmente reperibili;
3. formare strati sottili con opportune resistenze meccaniche e chimiche;
4. garantire le proprietà desiderate con il minor numero di strati possibili.

Le tecniche disponibili consentono di utilizzare gran parte degli elementi metallici, dei loro ossidi e nitruri e di numerose leghe. Gli ossidi sono utilizzati per la produzione di film dielettrici in grado di aumentare la riflettività nell'intervallo solare (vetri a controllo solare) mentre sostanzialmente non modificano l'emissività (riflettanza nell'infrarosso) del vetro. I più utilizzati sono gli ossidi titanio, ferro, cobalto, nichel e cromo. L'ossido di titanio nella fase anatasio è utilizzato per la produzione dei vetri autopulenti. I metalli sono caratterizzati da una elevata riflettanza nell'infrarosso e quindi sono utilizzati per produrre vetri a bassa emissività (vetri basso-emissivi). I metalli utilizzabili sono oro, rame e argento. In pratica si utilizza l'argento perché l'oro, oltre ad essere troppo costoso, presenta una soglia di assorbimento a 600 nm in pieno intervallo visibile mentre il rame ha una bassa resistenza all'abrasione. Poiché per loro natura i metalli nobili non sono trasparenti, essi devono essere depositati in spessori molto ridotti dell'ordine di pochi nm. Inoltre, poiché formano legami deboli con la superficie del vetro e sono facilmente deteriorabili, vengono normalmente depositati tra due strati di ossidi o nitruri che hanno il compito di migliorare

l'adesione con la superficie del vetro (strato inferiore) e di proteggere lo strato metallico dall'ambiente esterno (strato superiore).

Infine molto importanti sono i film trasparenti a base di semiconduttori drogati. Questi film hanno una maggiore resistenza all'abrasione rispetto ai metalli. Possono essere depositati come strati singoli, ma con spessori più elevati dell'ordine di alcune centinaia di nm per evitare la comparsa di colori interferenziali. In particolare i film a base di ossido di indio drogato con stagno (ITO, Indium-tin-oxide) combinano la trasparenza ottica alla conducibilità elettrica. Oltre che per la produzione di vetri basso-emissivi, i film ITO sono utilizzati per produrre display a cristalli liquidi, pannelli solari, celle fotovoltaiche, touch-screen, vetri per aeronautica e molte altre applicazioni particolari.

4.12.2. METODI CHIMICI

I **metodi chimici** vengono generalmente utilizzati per ottenere depositi di ossidi (caratterizzati da legami molto stabili con la superficie della lastra di vetro) e consentono la deposizione su lastre monolitiche. Tra queste tecniche le più importanti sono la pirolisi, la deposizione in fase di vapore (CVD, chemical vapour deposition) e la deposizione da soluzione.

Pirolisi: viene effettuata in linea nel processo float. Essa consiste infatti nella decomposizione termica di soluzioni contenenti sali metallici, quando queste vengono a contatto con la superficie del vetro a temperature elevate (ca. 600 °C) all'uscita del bagno di stagno e prima dell'ingresso della lastra nel forno di ricottura.

Deposizione in fase di vapore: nella deposizione CVD, dei precursori allo stato di vapore o gassoso reagiscono (all'interno di una camera di reazione) in prossimità della superficie della lastra per formare uno strato superficiale dell'ossido corrispondente. A titolo di esempio, riportiamo che per depositare un film di ossido di stagno si utilizzano come precursori allo stato di vapore, composti organo-metallici dello stagno quali ad es. il tetracloruro di stagno (TTC), il dimetil-dicloruro di stagno (DMTC) o il monobutiltricloruro di stagno (MBTC).

Deposizione da soluzione: la principale tecnica di deposizione da soluzione utilizzata per le lastre da edilizia si basa sul processo sol-gel per immersione o spruzzatura. In entrambi i casi la lastra viene a contatto con una sospensione colloidale di particelle solide (sali metallici o composti organometallici) di dimensioni inferiori a 1 µm all'interno di una fase liquida (generalmente di natura organica) che successivamente forma uno strato di gel sulla superficie trattata. Per successiva estrazione controllata della fase liquida interstiziale residua a temperature relativamente basse, si ottiene un film di ossido continuo e omogeneo.

4.12.3. METODI FISICI

I **coating fisici**, sono realizzati in impianti separati dalla linea di produzione. I processi produttivi avvengono in ambienti sotto vuoto spinto: uno dei procedimenti più avanzati tecnologicamente è quello denominato “magnetron sputtering”. In esso la lastra di vetro è introdotta nella camera in cui sono contenuti il metallo da depositare (catodo) ed un gas di processo a bassa pressione. In seguito all’applicazione di un voltaggio negativo al catodo, avviene la ionizzazione del gas. Gli atomi del gas così formati sono attratti dal catodo con una forza tale che atomi del catodo stesso, espulsi, si depositano sulla lastra di vetro sottostante. Il campo magnetico creato attorno al catodo aumenta la velocità di deposizione. Il processo garantisce eccellente uniformità del coating e grazie alla molteplicità degli strati di film depositi, una vasta gamma cromatica con elevata variabilità di parametri luminosi ed energetici. Questi coating sono comunemente detti “magnetronici” ed i vetri ottenuti si definiscono “soft coating”.

La tecnologia alla base dei vetri multifunzione a protezione solare, che sono lo standard per gli attuali sistemi vetrati evoluti, è in forte sviluppo e i settori industriali in cui è già applicata si stanno muovendo verso combinazioni sempre più innovative, in modo da renderli utilizzabili per ogni gamma di condizioni climatiche (assemblati in vetrocamera, stratificati o con il sistema del doppio coating). Inoltre i coatings hanno raggiunto un elevato livello di trasparenza e neutralità, rendendo il prodotto finito simile ad una comune vetrata isolante.

4.12.4. I VALORI U, K, R

Il valore U, generalmente espresso in unità del Sistema Internazionale (W/m^2K) rappresenta la densità di flusso termico che, in condizioni stazionarie, attraversa una struttura interposta tra due ambienti, divisa per la differenza di temperatura tra i due ambienti ai lati della struttura stessa. È più generalmente definita come la quantità di calore perduta per metro quadro in condizioni stazionarie per effetto di una differenza di temperatura di un grado Kelvin (o un grado Celsius) tra l’ambiente esterno e quello interno, separati da una vetrata o un altro elemento costruttivo.

In alcune parti del mondo, si definisce la trasmittanza termica con il valore K. L’unità di misura di K è sempre W/m^2K anche se talvolta si può trovare espresso in $Kcal/hrm^2°C$. Questa unità di misura è leggermente più grande per cui K apparirà leggermente più piccolo: per convertire da $Kcal/hrm^2°C$ in W/m^2K basta moltiplicare per 1.163.

Le perdite di calore vengono talvolta quantificate in termini di resistenza termica, valore abbreviato con R. Quest’ultimo non è altro che il reciproco di U. $R = 1/U$, m^2K/W (o $ft^2hr°F/Btu$).

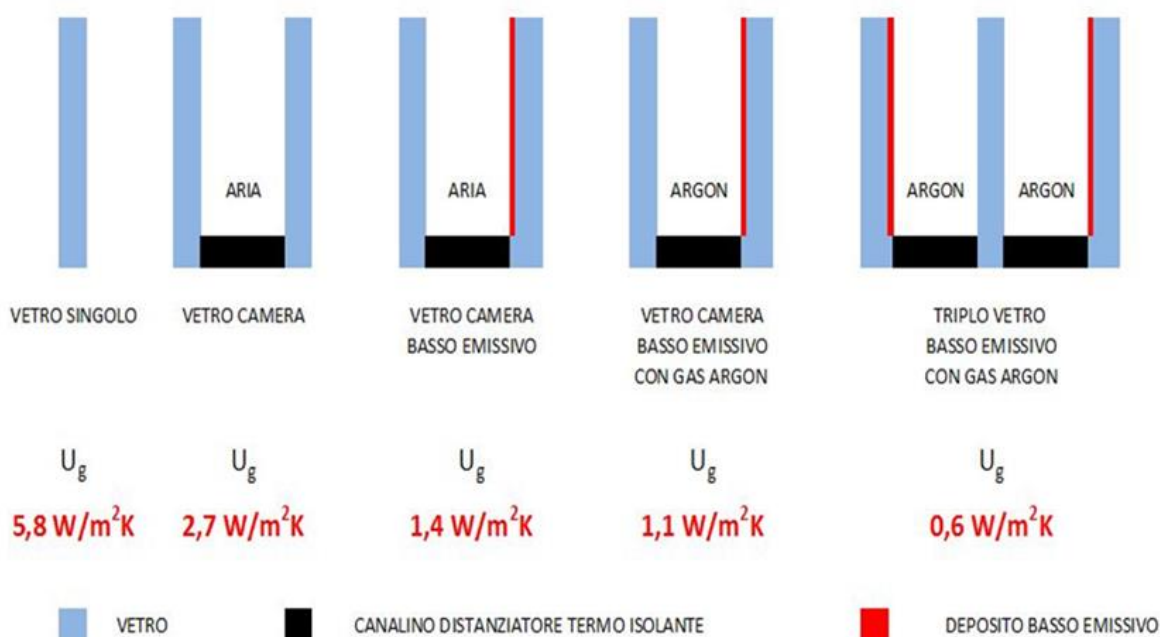
4.12.5. VETRI BASSO EMISSIVI

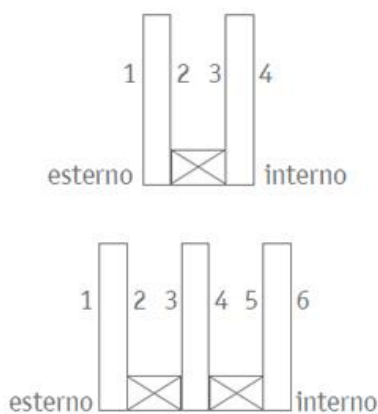
I vetri basso emissivi sono vetri ad isolamento termico concepiti per limitare la dispersione termica dall'interno degli edifici. Il vetro basso emissivo è la risultante di deposito o "coating" di uno strato di ossidi metallici sul vetro, con uno speciale processo di lavorazione che aiuta a diminuire le perdite di calore tramite un miglioramento delle prestazioni ottico energetiche delle vetrature esterne.

I vetri basso emissivi migliorano così l'efficienza energetica degli edifici e diminuiscono sensibilmente le spese di riscaldamento a favore del confort nei mesi invernali. Questi vetri oltre a ridurre gli scambi termici con l'ambiente esterno, garantiscono il passaggio della luce negli ambienti interni degli edifici, in osservanza delle leggi e dei decreti della nuova regolamentazione per il rendimento energetico nell'edilizia.



Il vetro di partenza è sempre un vetro float, cui però si "aggiungono" quattro diversi tipi di strati; lo strato rilevante ai fini dell'isolamento è quello d'argento, mentre i restanti tre hanno funzione di protezione e rivestimento. Sul vetro float quindi troviamo uno strato di adesione, lo strato di argento, uno strato protettivo ed infine uno di rivestimento. La sequenza base è questa, e il trattamento è applicato sempre all'interno, tuttavia è possibile che ci siano anche doppi o tripli strati d'argento per aumentare le prestazioni.





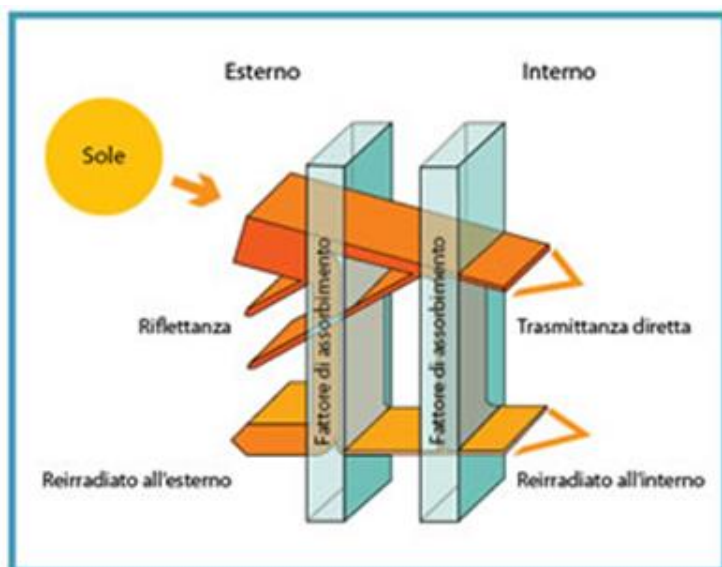
I vetri basso emissivi si possono trovare anche in lastra monolitica, ma risultano altamente performanti se assemblati in vetrature isolanti (o vetrocamera). Nel caso di vetro doppio il trattamento si applica solo su una delle due facce interne del vetro. Non ci sono differenze sostanziali nell'inserire il trattamento in faccia due o tre, ma si è soliti inserirlo in faccia 3 nel caso di doppio vetro, e facce 2 e 5 nel caso di triplo. Le facce del vetro si determinano dall'esterno all'interno; la faccia 1 sarà sempre quella verso l'esterno, mentre la faccia 4 nel caso del doppio, o 6 nel caso del triplo sarà quella verso l'ambiente interno.

L'isolamento termico della finestra completa è costituito da tre componenti:

- **Il vetro;**
- **Il serramento:** I serramenti performanti garantiscono isolamento termico essendo la loro conduttività termica relativamente bassa (approssimativamente $0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$). Le materie plastiche hanno una conduttività termica più alta, ma le caratteristiche in un serramento possono essere migliorate progettando nel profilo varie camere chiuse. I serramenti possono anche prevedere dei rinforzi in acciaio per aumentarne la resistenza meccanica;
- **Il distanziatore** nella vetrata isolante: Le lastre componenti delle vetrature isolanti sono tenute separate attraverso un canalino distanziatore ad esse sigillato. La presenza del canalino distanziatore in alluminio in vetrata isolante incrementa il valore generale U del vetro e del serramento per effetto del "corto circuito" termico sul bordo. Questo penalizza il valore U globale e provoca un abbassamento della temperatura nella zona di bordo, causando spesso condensazione sul vetro o, in condizioni climatiche invernali severe, brina o ghiaccio. L'effetto del distanziatore può aggiungere fino al 10% al valore U della finestra.

La resistenza termica può essere incrementata aumentando lo spessore dell'intercapedine, ma c'è un limite dovuto alla convezione oltre il quale un ulteriore aumento di spessore non comporta miglioramenti. Questo limite si ha a 16 mm. Aggiungendo un ulteriore lastra di vetro, e conseguentemente una seconda intercapedine, si ottengono ulteriori miglioramenti.

4.12.6. VETRI A CONTROLLO SOLARE



In estate una vetrata costituisce il passaggio privilegiato del flusso energetico solare; per attenuare questo fenomeno è consigliato l'uso di vetrate selettive o controllo solare che consentono: di limitare le spese di climatizzazione, diminuire il fastidio legato al rialzo della temperatura, migliorare il comfort visivo prevenendo il fenomeno dell'abbagliamento.

I vetri a controllo solare possono essere: riflettenti o selettivi. I primi svolgono la funzione di controllo solare mentre i secondi hanno anche caratteristiche di bassa emissività. Si ottengono applicando

sul vetro un ulteriore rivestimento metallico selettivo che permette di filtrare il calore trasmesso dall'irradiazione solare e garantisce al contempo un'elevata luminosità dei locali, assicurando così una protezione dal calore esterno, durante il periodo estivo, lasciando passare una elevata quantità di luce naturale e offrendo l'isolamento termico durante la stagione fredda.

Il vetro selettivo permette di realizzare un edificio che unisce il fattore estetico sia al comfort di interni protetti dal surriscaldamento solare e dal fenomeno dell'abbagliamento, che alla ottimizzazione dei consumi energetici degli edifici legati al raffrescamento estivo.

Questa tipologia di vetro consente il passaggio di una parte determinata dall'irraggiamento energetico solare, operando contemporaneamente la riflessione all'esterno di gran parte del calore. In questo modo gli spazi interni rimangono luminosi e molto più freschi rispetto all'impiego di una vetrata isolante tradizionale che lascia passare il 76% del calore del sole.

Il parametro che esprime la quantità di calore che oltrepassa la vetrata è il Fattore Solare ("FS" o "g"), che definisce "la frazione della radiazione solare incidente che viene totalmente trasmessa dal vetro". È la percentuale di energia solare che attraversa il vetro, facendo pari a 100 quella incidente: più contenuto è il fattore solare, minore è la quantità di energia solare che attraversa la superficie vetrata.

Nei vetri con rivestimento a controllo solare vi è un altro parametro che assume un'importante valenza tecnico/architettonica: la Riflessione Luminosa (RL %). Infatti una tecnica per ridurre l'apporto solare verso l'interno dell'edificio, oltre alla gestione dell'assorbimento energetico, è quella di riflettere verso l'esterno una parte della radiazione solare. Chiaramente la maggiore o minore intensità della Riflessione Luminosa caratterizzerà anche l'aspetto architettonico dell'edificio, proponendo un look "brillante" oppure "pastello".

5. TIPOLOGIE DI LAVORAZIONE

5.1. TAGLIO

Il taglio del vetro può avvenire manualmente, con un banco da taglio o con la tecnologia ad idrogetto.



Il taglio di piccole lastre viene eseguito a mano con appositi strumenti, mentre le grandi lastre vengono tagliate con un banco di taglio: una macchina a controllo numerico con un piano fisso, detto pantografo, su cui si appoggiano le lastre di vetro, e un ponte mobile che tramite un tagliavetro con rotella in carburo di tungsteno, o diamante, pratica le incisioni sulla lastra, seguendo le misure programmate tramite software.

Il taglio a getto d'acqua è una tecnologia di taglio che utilizza un getto d'acqua ad altissima pressione (fino a 7000bar) unito ad un abrasivo per tagliare numerose tipologie di materiali, tra cui appunto il vetro.

La tecnologia ad idrogetto (waterjet) è in grado di tagliare qualsiasi spessore del vetro con un'elevata precisione; inoltre essendo un taglio a freddo non altera le caratteristiche chimico-fisiche del materiale tagliato. E' possibile tagliare forme in 2D di qualsiasi sagoma con precisioni di $\pm 1\text{mm}$.



5.2. INCISIONE

Esecuzione di linee rette o curve, lucide o opache, incise su una superficie della lastra per mezzo di mole di varie forme e durezze. L'incisione viene praticata sia per uso funzionale (come ad esempio nicchie per vetri scorrevoli o incisioni destinate a vetro per auto) che per ragioni decorative.

5.3. MOLATURA

Lavorazione dei bordi di una lastra tramite nastri abrasivi o mole di pietra, con diversi gradi di finitura e differenti sagomature che danno origine ai vari tipi di bordo. I principali tipi di molatura sono:



➤ **Sfilettatura:** eliminazione meccanica o manuale del filo o degli spigoli taglienti al bordo delle lastre;

➤ **Molatura a filo greggio:** abrasione dei bordi di una lastra ottenuta con nastri o mole di pietra, di carborundum o diamantate, di grana piuttosto grossolana per eliminare le irregolarità del taglio. Risultato è un bordo opaco e non necessariamente uniforme;

➤ **Molatura a filo lucido:** fase successiva alla precedente consistente nell'eliminazione di ogni minuta asperità dei bordi e una lucidatura degli stessi con mole diamantate e grana finissima o polveri di pomice o di ossido di cerio;

➤ **Molatura a smussi e a bisello:** lavorazione dei bordi di una lastra che, essendo eseguita con un angolo qualunque inferiore ai 90° rispetto alla superficie della lastra, interessa oltre che il bordo, la stessa superficie. Lavorazione molto delicata e appariscente, viene ancora oggi usata per prodotti di pregio nell'arredamento di interni.

5.4. SABBIATURA

Opacizzazione della superficie di una lastra (o parte di essa) ottenuta asportandone delle minuscole particelle con un getto di sabbia ad alta pressione che la colpisce. Consente di ottenere dei veri e propri disegni. Si segnala che essendo la sabbiatura un trattamento meccanico di asportazione superficiale, rende il prodotto suscettibile a penetrazione da parte di sostanze quali ad esempio olio, detersivi ecc. Per limitare questo fenomeno possono essere utilizzati trattamenti con nanotecnologie studiate per sigillare la superficie e renderla meno porosa.



5.5. ACIDATURA



La tecnica dell'acidatura del vetro consente di ottenere effetti decorativi di opacizzazione totale o parziale della lastra, più o meno profonda, mediante l'uso di acido fluoridrico.

Il vetro acidato ha un effetto opaco gradevole al tatto, tale da renderlo simile alla seta e trova applicazione negli elementi di arredo quali porte interne, pannelli scorrevoli, porte per gli armadi, finestre, illuminazione e altro.

5.6. FORATURA

In alcuni casi si procede alla foratura per applicare maniglie, viti, bulloni, per produrre porte, box doccia, facciate sospese, mobili e ad incisioni da eseguirsi con apparecchiature automatiche o montate su flessibili manuali, come pure con getti di sabbia o con acido specifico. Tutti i vetri che subiscono lavorazioni quali spacchi, tacche e fori andrebbero sottoposti a trattamento termico quale la tempra, al fine di renderli più resistenti.



5.7. CURVATURA

La lastra curvata viene ottenuta introducendo in forno una lastra di vetro piana che rammollendo aderisce ad uno stampo metallico o refrattario al di sotto di essa.

5.8. INCOLLAGGIO UV

L'incollaggio ad ultravioletti è usato nel settore vetrario perché permette di ottenere incollaggi invisibili, ma con grande tenuta meccanica. Il collante, steso tra le due superfici da incollare, viene attivato dall'esposizione ai raggi ultravioletti di una lampada. E' possibile incollare vetro con vetro oppure con altri materiali: metalli, materie plastiche, legno, pietra. Viene principalmente utilizzato per la costruzione di mobili, tavoli, vetrinette, complementi d'arredo, ma anche per l'applicazione di decorazioni sulle vetrate (es. le formelle).

5.9. VERNICIATURA

Deposizione a spruzzo di vernice alla nitrocellulosa su una superficie della lastra. La lavorazione è effettuata a freddo. Questo processo è utilizzato soprattutto per prodotti destinati all'arredamento e architettura di interni. Le lastre di vetro possono essere verniciate con prodotti ad essiccazione naturale o accelerata mediante lampade a raggi IR.

5.10. SMALTATURA

Deposizione di smalti costituiti da miscele di pigmenti minerali che vetrificano in seguito alla permanenza della lastra in un forno nel quale si raggiungono temperature superiori a 600°C. Questo procedimento è pertanto associato a quello di tempra. Il deposito risulta inalterabile anche se esposto agli agenti atmosferici.

5.11. ARGENTATURA



E' un trattamento superficiale su una lastra di vetro per renderlo riflettente. Una superficie viene ricoperta con una soluzione di ossido stannoso la cui azione riducente permette la precipitazione dell'argento metallico da una soluzione di nitrato di argento. Sul film metallico riflettente viene quindi depositato uno strato di rame, ottenuto o per nebulizzazione del metallo o per ramatura elettrolitica, che ha lo scopo di proteggerlo, nel tempo, dall'ossidazione. Viene quindi depositato uno strato di vernice al piombo ad ulteriore protezione chimica. Infine, viene ricoperto da una vernice opaca che assicura la protezione meccanica degli strati

metallici. Negli ultimi anni l'utilizzo di vernice epossidica ha permesso di eliminare rame e formaldeide e di diminuire la quantità di piombo, permettendo così un prodotto più ecologico.

5.12. SERIGRAFIA

Usata per la riproduzione con vernici e smalti su lastre piane o curve di disegni, scritte, decorazioni a scopo artistico o funzionale con l'uso di telai e appropriata tecnica. Con adatte tecniche di riproduzione fotografica si realizza un telaio, detto serigrafico, che riporta il disegno da riprodurre sulla lastra di vetro. La cottura in forno, in genere associata alla tempra, conclude l'operazione facendo vetrificare lo smalto.



6. RISVOLTI NORMATIVI

6.1. UNI 7697:2015 Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie

In Italia esiste ormai da oltre 10 anni la Norma UNI 7697 “Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie” più volte aggiornata fino all'attuale versione del 2015.

Tale Norma rappresenta un riferimento fondamentale per tutti gli operatori del settore perché indica in modo chiaro i criteri di scelta delle tipologie di vetro nelle diverse applicazioni per operare in sicurezza.

La portata della Norma è molto ampia proprio per il suo campo di applicazione riportato al cap. 1 della stessa: “...la Norma si applica ai vetri in edilizia e destinati a qualsiasi altro impiego non regolamentato da norme specifiche pertinenti...”; l'impiego della Norma pertanto non riguarda solo le applicazioni in edilizia, ma tutti i campi di utilizzo del vetro.

La Norma deve essere impiegata per individuare i criteri di scelta dei vetri in modo che, per le applicazioni previste, siano sempre soddisfatti i requisiti minimi necessari a garantire la sicurezza degli utenti/fruitori del prodotto finale. In caso di incertezza la Norma suggerisce di utilizzare i criteri più restrittivi.

La UNI 7697:2015 suddivide gli ambiti di impiego del vetro in due prospettivi: la prima riguarda applicazioni in ambienti ordinari, la seconda riguarda applicazioni in ambienti suscettibili di affollamento (es: scuole di ogni ordine e grado).

Per avere informazioni sui criteri di scelta dei vetri e per la stesura di capitolati è possibile fare riferimento al link: www.glassafetysevice.it/7697.php.



ATTENZIONE

La UNI 7697:2015 è una norma esclusivamente italiana che sovrintende, in maniera organica, alla sicurezza delle applicazioni in ambito vetrario e che il Codice del Consumo (D.L. 6/09/2005 n° 206 - Codice del consumo, a norma dell'art. 7 della legge 29/07/2003 n° 229) eleva a strumento derimente in caso di giudizio.



PERICOLO

Non ottemperare alle prescrizione della norma UNI 7697:2015 è una violazione di legge.

6.2. UNI EN 12600 VETRI DI SICUREZZA

La normativa europea di riferimento per la classificazione dei vetri di sicurezza è la UNI EN 12600 "Glass in building – Pendulum test – Impact test method and classification for flat glass".

Essa richiede che il vetro per essere classificato, o non si rompa, o si rompa in maniera sicura se colpito con impatto pendolare da un doppio pneumatico del peso di 50 kg. Questo tipo di prova di urto è pensata per simulare un contatto accidentale tra lastra e corpo umano. Tre sono le classificazioni raggiungibili, in funzione dell'altezza di caduta sopportata.

Ogni classe è definita da un numero a cui corrisponde un'altezza di caduta :

Tabella A.2 - Tabella riassuntiva UNI EN 12600

<u>Classificazione</u>		
α	(β)	ϕ
Altezza massima a cui il campione non si rompe o si rompe come un vetro di sicurezza:	Modalità di rottura:	Altezza massima di caduta alla quale il campione non si rompe o si rompe come un vetro stratificato di sicurezza mantenendo la capacità di contenimento:
classe 1 = 1'200 mm classe 2 = 450 mm classe 3 = 190 mm	A = tipica del vetro float ricotto B = tipica del vetro stratificato C = tipica del vetro temprato	classe 1 = 1'200 mm classe 2 = 450 mm classe 3 = 190 mm

La EN 12600 definisce il concetto di **rottura sicura** facendo riferimento ai risultati del test d'impatto del pendolo.

Il vetro laminato, dopo la prova, deve impedire il passaggio di una sfera di diametro 76 mm sollecitata da una forza di 25 N e il peso totale dei frammenti staccatisi dal campione per effetto dell'impatto, non deve superare quello equivalente di 10000 mm² del campione di prova originale. Il frammento più grande staccatosi non deve comunque avere un peso superiore a quello equivalente di 4400 mm² del campione di prova originale.

La misura standard dei campioni di prova è pari a 1938 x 876 mm. I campioni da testare per ciascuna classe sono 4.

La prova consiste nel colpire per ogni altezza di caduta 4 provini, le cui dimensioni sono indicate nella norma, intelaiati sui quattro lati, a partire dall'altezza minima di caduta (secondo quanto riportato nello schema seguente) fino a quella della classe cui è ritenuto idoneo il materiale.

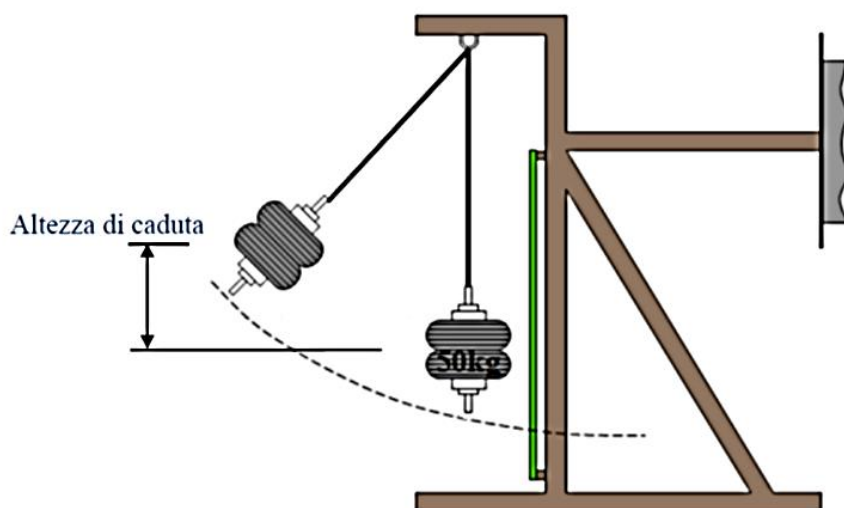
Tabella A.1 - Livelli di impatto

Classificazione	Altezza di caduta (mm)
3	190
2	450
1	1'200

L'impattatore deve essere rilasciato con movimento pendolare e con velocità iniziale nulla.

La direzione dell'impatto, che avverrà al centro del provino, dovrà essere ortogonale alla superficie.

La prova si ritiene superata se tutti i campioni o non si rompono oppure si rompono in modo conforme a quanto indicato nella norma stessa.



Schema dell'impattatore utilizzato nelle prove

La classificazione di un prodotto di vetro in base alle prestazioni deve essere indicata come segue: α (β) ϕ , dove:

- α : è espresso in numeri da 1 a 3, ed è la classe dell'altezza massima di caduta alla quale il prodotto o non si è rotto oppure si è rotto nelle modalità del vetro temprato o del vetro stratificato;
- β : è espresso con una lettera dalla A alla C, ed indica la modalità di rottura;
- ϕ : è espresso in numeri da 1 a 3, ed è la classe dell'altezza massima di caduta alla quale il prodotto o non si è rotto oppure si è rotto nelle modalità del vetro stratificato.

Per rendere più chiara e leggibile l'indicazione della classificazione prevista dalla norma UNI EN 12600 del prodotto vetrario [α (β) ϕ], possiamo considerare che, a fronte di una determinata tipologia di vetro (β) su cui è eseguito il test, il primo numero (α) individua la classe nella quale il campione

6.3. REGOLAMENTO EUROPEO CPR 305/2011 E MARCATURA CE

Dal 1° luglio 2013 è in vigore il Regolamento UE 305/11 (CPR). Il CPR fissa “le condizioni per l'immissione o la messa a disposizione sul mercato di prodotti da costruzione”.

Le normative che regolamentano la marcatura CE dei prodotti emesse dal CEN a livello europeo e recepite negli Stati membri dagli appositi organismi (UNI in Italia), vanno a regolamentare le modalità di caratterizzazione prestazionale e di classificazione di ogni singolo prodotto da costruzione.

Si deduce che quando il vetro è utilizzato come prodotto da costruzione, deve necessariamente essere marcato CE. Nessun prodotto da costruzione può essere utilizzato senza idonea marcatura CE.

Il vetro deve essere marcato CE dal produttore, che apponendo il marchio dichiara sotto la sua responsabilità che il materiale è conforme alle seguenti normative di prodotto:

Prodotto	Norma	Pubblicazione
Prodotto di base di vetro di silicato sodo-calcico (float)	UNI EN 572-9	Febbraio 2005
Specchi di vetro float argentato per uso in interni	UNI EN 1036-2	Maggio 2008
Vetri rivestiti (tutti i coating)	UNI EN 1096-4	Febbraio 2005
Vetro di silicato sodo-calcico indurito termicamente	UNI EN 1863-2	Febbraio 2005
Vetro di silicato sodo-calcico di sicurezza temprato termicamente	UNI EN 12150-2	Febbraio 2005
Vetro di silicato sodo-calcico indurito chimicamente	UNI EN 12337-2	Febbraio 2005
Vetro di sicurezza di silicato sodo calcico temprato termicamente e sottoposto a "heat soak test"	UNI EN 14179-2	Settembre 2005
Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza	UNI EN 14449	Settembre 2005
Vetrature Isolanti	UNI EN 1279-5	Maggio 2010



NOTA

L'elenco precedente contempla solo le norme armonizzate (hEN) relative ai principali prodotti in vetro. L'elenco completo, costantemente aggiornato, può essere trovato sul sito della Gazzetta Ufficiale Europea.



ATTENZIONE

Quando il vetro è utilizzato come prodotto da costruzione deve necessariamente essere marcato CE. Nessun prodotto da costruzione può essere utilizzato senza idonea marcatura CE.



NOTA

Solo per alcune tipologie di vetro è richiesta dalla norma la marcatura fisica del prodotto (es. indurito, temprato). Tutti i prodotti devono invece essere accompagnati dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) vedi par. 15

7. TRASPORTO E STOCCAGGIO IN CANTIERE

Per la movimentazione di prodotti in vetro è necessario, data la pericolosità intrinseca del materiale, munirsi di corretti dispositivi di sicurezza come: guanti, casco di protezione, occhiali protettivi, scarpe antiinfortunistiche e indumenti protettivi.



Per un trasporto ed uno stoccaggio sicuro e corretto delle lastre di vetro, vanno utilizzati dei carrelli porta-vetri conformi alle direttive CE e sottoposti a collaudo almeno una volta all'anno. I carrelli non vanno caricati eccessivamente e ci si deve attenere alle istruzioni di carico massimo riportate sulle targhette di ogni carrello.

I vetri devono essere immagazzinati e trasportati unicamente in verticale. Devono essere immagazzinati in modo che non possano cadere, cioè devono poggiare sul lato più lungo.

Durante il trasporto di vetri di grandi superfici ($>4\text{m}^2$) possono verificarsi delle flessioni sulle singole lastre che potrebbero toccarsi. In presenza di intercapedini con spessore compreso tra 8 e 12mm, le superfici interne dei vetri possono entrare in contatto, sia per motivi di carattere fisico, sia per le condizioni di trasporto e movimentazione.

Intercapedini di tali spessori sono sconsigliate poiché si possono verificare lesioni di coating basso emissivi e/o al vetro interno nel punto di contatto. Si suggerisce quindi di utilizzare intercapedini comunque non inferiori a 12mm.

Quando sono consegnati in cantiere, i vetri devono essere stoccati in una zona asciutta, riparata e ventilata. Per lo stoccaggio temporaneo a cielo aperto e in cantiere, è necessario coprire bene le lastre, ad es. con teli o coperture. Non devono mai essere posti in orizzontale, né essere stoccati al sole o nelle vicinanze di una fonte di calore.

Durante l'installazione, la movimentazione dei vetri deve avvenire con la massima cura e indossando guanti puliti. Le lastre più grandi e più pesanti devono essere movimentate con un bilancino a ventose e l'operatore deve verificare che siano pulite e prive di qualsiasi agente contaminante.

In caso di trasporti con elevate differenze di quota (passi di montagna, spedizione aerea), per i vetri isolanti multipli è necessario utilizzare una valvola altimetrica che va a compensare le variazioni di pressione atmosferica dell'intercapedine rispetto al clima ambiente.



8. MESSA IN OPERA



La norma di riferimento per il montaggio e la posa dei prodotti vetrari in opere edilizie è la UNI 6534:1974. Ulteriori indicazioni pratiche possono essere tratte dalla prEN 12488 o fornite dal produttore stesso. In relazione alla sicurezza dell'installazione, devono essere rispettate, se presenti, anche tutte le altre prescrizioni emanate dalle Autorità o previste dalle norme di riferimento applicabili (Vigili del Fuoco, ecc.).

I principi fondamentali da seguire all'interno del cantiere sono i seguenti:

- il vetro non deve essere vincolato ai movimenti del serramento in cui è inserito; i due componenti debbono avere un buon grado di libertà reciproca;
- devono essere sempre evitati contatti diretti tra il vetro ed il serramento a mezzo di opportuni tasselli distanziatori;
- le schermature dei bordi, quali ad esempio la parte di lastra compresa nel telaio di un serramento, devono essere ridotte al necessario (l'aspetto è critico per i vetri ad elevato assorbimento energetico);
- le vetrate trasparenti poste in luoghi di passaggio, che si trovino a rischio di impatto per la loro scarsa visibilità, devono essere adeguatamente segnalate sia in fase di montaggio/cantiere sia successivamente, durante l'impiego;
- le lastre asimmetriche (per composizione e/o tipologia di superficie) devono essere orientate con il lato sottoposto ad impatto durante le prove rivolto verso la direzione di provenienza della sollecitazione da contrastare durante l'impiego.





Il trasporto delle lastre deve essere effettuato necessariamente in casse oppure su cavalletti, curandone il fissaggio così da evitare pressioni sulle vetrate (vedi capitolo precedente). Prima del montaggio bisogna controllare ogni singolo pannello di vetro ed evitare di installare gli elementi danneggiati o difettosi.

Allo scopo di evitare i possibili rischi di rottura, il montaggio della vetrata isolante sul telaio deve essere effettuato utilizzando adeguati tasselli, nel rispetto delle necessarie tolleranze perimetrali. Anche nel posizionamento e fissaggio del fermavetro deve essere prestata attenzione affinché non venga danneggiato il bordo del vetro.

Risulta evidente l'importanza dello stato del bordo nel vetro ai fini della resistenza alle sollecitazioni termiche e conseguentemente, l'importanza del grado di finitura del bordo stesso in funzione del tipo di applicazione e del carico termico di progetto. È compito del progettista indicare il grado di finitura del bordo del vetro in funzione dei carichi complessivi previsti (statici, termici e climatici).



ATTENZIONE

Particolare attenzione va prestata ai bordi del vetro. I bordi che presentano lesioni, quali ad esempio le scheggiature causate da un'errata movimentazione delle lastre, possono più facilmente, in seguito a sollecitazioni termiche, innescare la rottura del vetro. Di conseguenza, è necessario prevenire il danneggiamento dei bordi in sede d'installazione, ed evitare il montaggio di vetrate isolanti danneggiate.

Al fine di evitare problemi e rotture dovuti ai lavori in cantiere, attenersi alle seguenti norme di buon senso:

- Le finestre e le porte sono da installarsi preferibilmente dopo l'intonacatura, dopo la tinteggiatura, dopo i lavori del piastrellista e dei pavimentisti;
- Prima di montare le finestre è necessario liberare e pulire i controtelai da eventuali residui di malta;
- Se durante il montaggio proseguissero le opere edili, proteggete le finestre, il vetro e la ferramenta contro danni e spruzzi di malta;
- Proteggere sempre i vetri quando è necessario effettuare tagli con il flessibile;
- Cemento e calce mischiati con acqua sono dannosi per la superficie delle finestre.



ATTENZIONE

In caso di elevata umidità dovuta ai lavori edili è necessario aerare quotidianamente per parecchie volte. Un'umidità continua superiore al 70% può indurre danni irreparabili ai vetri (danni alla struttura e alla superficie).



PERICOLO

Per la posa si raccomanda di utilizzare i dispositivi di sicurezza previsti dalla normativa vigente con particolare riferimento al D.lgs. 81/2008 e s.m.i.

9. PULIZIA

Spolverare prima delicatamente con un panno soffice, lavare con acqua a temperatura ambiente e prodotti detergenti neutri, idonei e non abrasivi, utilizzando una miscela al 50% di alcool e acqua o di ammoniaca e acqua, seguita da un risciacquo tiepido, prevenendo così abrasioni accidentali.



Non utilizzare mai detersivi o liquidi anticalcare per vetri satinati o sabbiati ad esempio i vetri del box doccia.

Non usare prodotti a base di petrolio quali benzina, diesel o fluidi leggeri.

Per un risultato più efficace pulire il vetro in un momento in cui è ombreggiato evitando di pulire i vetri esposti alla luce diretta del sole o vetri caldi.

Anche il lavaggio del vetro deve avvenire in maniera tale da ridurre al minimo le sollecitazioni; va quindi evitato l'utilizzo di acqua eccessivamente calda (o eccessivamente fredda d'estate) e di vapore ad alta pressione per un tempo prolungato su di una zona circoscritta della lastra.

Eventuali impurità sulla superficie del vetro, causate dal processo di produzione, dall'installazione della finestra, dagli adesivi e dai distanziatori di sughero, possono essere rimosse cautamente con una spugna morbida o una spatola di plastica e acqua calda saponata.

Materiali da costruzione alcalini come il cemento, malta calcarea, finché non abbiano ancora legato, possono essere sciacquati con molta acqua.

Per una successiva pulitura e asportazione di residui di colla molto aderenti, impurità o sigillature con silicone sui vetri isolanti, è possibile utilizzare prodotti quali comuni emulsioni per il lavaggio delle cucine. Le operazioni di pulizia e lavaggio del vetro devono avvenire in maniera tale da ridurre al minimo le sollecitazioni termiche.



PERICOLO

Da evitare l'utilizzo di acqua eccessivamente calda (o eccessivamente fredda d'estate) e di vapore ad alta pressione per un tempo prolungato su di una zona circoscritta della lastra. Gli sbalzi termici possono produrre rotture per shock termico



Nella progettazione e nella realizzazione di edifici di elevata altezza, nonché in quelli caratterizzati dalla presenza di estese superfici vetrarie, è opportuno prevedere la possibilità di accesso alle superfici da pulire, anche facendo ricorso alla predisposizione di punti di ancoraggio di sistemi manutentivi esterni.

Si segnala che la quasi totalità dei vetri danneggiati da graffi sono causate in cantiere e/o nelle abitazioni a causa dei lavori che vengono effettuati dai vari addetti svolti in prossimità del vetro, come pittori, piastrellisti, idraulici, falegnami, muratori e altri operai che intervengono nel processo di costruzione.

Strumenti di lavoro inavvertitamente appoggiati al vetro e spruzzi di materiale possono danneggiarne permanentemente la superficie.

Uno degli errori più comuni commessi dalle persone addette alla pulizia, è l'uso di lamette di cutter che possono causare irreparabili danni alla superficie del vetro.

Pertanto si raccomanda espressamente che il vetro non venga mai pulito mediante l'uso di strumenti taglienti.



ATTENZIONE

Il produttore non si ritiene responsabile di alcun difetto, alterazione o danno riscontrato sulla vetrata qualora non siano state rispettate le prescrizioni del presente manuale con riferimento specifico ai precedenti capitoli 7,8 e 9.

10. INTERAZIONI CHIMICHE

Alcuni componenti chimici lasciano sulle superfici del vetro corrosione e tracce residue, soprattutto dopo un contatto prolungato. Questi componenti chimici possono essere: schizzi di malta, accumuli di calce o cemento, detergenti acidi, solventi contenenti siliconi, resine acriliche per la laccature e il ritocco delle superfici in pietra, coloranti per superfici a base di leganti e silicati di potassio, coloranti interni pronti per l'uso a base di silicati di potassio, prodotti intensivi per la rimozione di vernice, sali di fluoro contro la formazione di muffe e funghi (soprattutto se utilizzati in formato spray) ed altri.

Il vetro deve essere lavato spesso al fine di rimuovere lo sporco accumulato in superficie e per evitare che si macchi. Sul vetro si creano macchie quando il sodio contenuto nel vetro reagisce con l'umidità dell'aria. Il sodio, se abbinato a piccole quantità d'acqua, può dare origine all'idrossido di sodio, una sostanza corrosiva per il vetro. Se l'idrossido di sodio rimane sulla superficie del vetro per un periodo di tempo prolungato, il vetro stesso verrà danneggiato in modo permanente e potrebbe rendersi necessaria la sua sostituzione. L'idrossido di sodio può essere facilmente rimosso mediante l'uso di acqua con aggiunta di normali detergenti per i vetri, ad esempio acqua e alcool oppure acqua e ammoniaca.

11. SALDATURE BITUMAZIONE E TAGLIO CON FLESSIBILE

Nel caso vengano effettuati lavori di saldatura e abrasione, taglio con flessibile in prossimità dei vetri, è necessario prevedere una protezione adeguata delle superfici dei vetri da scintille, vapori, schizzi e quant'altro, dal momento che tali particelle provocano bruciature e danni permanenti.

Nel caso sia necessario bitumare locali già vetrati, occorre proteggere adeguatamente i vetri isolanti. La sola apertura delle finestre non è sufficiente.



PERICOLO

Non è possibile rimediare a questi problemi. L'unica accortezza possibile per evitare danni permanenti è un'attenta protezione del vetro.

12. CONDENSAZIONE

La comparsa della condensa sui vetri dei serramenti è un evento naturale e può essere ricorrente. È necessario capire l'origine del fenomeno, in modo da poter limitare, ove possibile, le cause che ne determinano l'insorgenza. Affinché si verifichi una condensa su una superficie, sono necessarie due condizioni: una significativa differenza di temperatura tra due ambienti e un alto tasso di umidità.

In alcuni punti l'interno delle nostre case può essere particolarmente umido: una doccia, una pentola con l'acqua che bolle, i panni stesi ad asciugare all'interno, ma anche più semplicemente la nostra presenza, sono situazioni che concorrono ad aumentare il tasso d'umidità delle abitazioni.

Soprattutto d'inverno quando le nostre case sono riscaldate, i vetri dei serramenti esterni come finestre e porte-finestre, sono le superfici sulle quali si manifesta il differenziale di temperatura tra interno ed esterno, soprattutto se non abbiamo in dotazione serramenti ad alta efficienza energetica.

Nel momento in cui il vapore acqueo incontra una superficie più fredda, torna allo stato acquoso. Caldo umido e freddo gelido s'incontrano sui vetri, trasformando il vapore acqueo in condensa.

Nel caso di vetrate isolanti, che costituiscono ormai la totalità dei nuovi serramenti, il fenomeno della formazione di condensa si presenta sotto tre forme, in particolare:

- sulla faccia esterna o faccia 1;
- sulle facce interne 2 e 3 della vetrata isolante;
- sulla faccia interna o faccia 4.

A causa dell'effetto di ponte termico dovuto agli intercalari delle vetrate isolanti, la formazione della condensa sarà molto diversa a seconda che ci si situi all'esterno o all'interno dell'edificio.

12.1. CONDENSA ESTERNA ALLA FINESTRA

In presenza di particolari condizioni ambientali di umidità e bassa temperatura, può formarsi condensa sulla superficie esterna della vetrata isolante.

Questo fenomeno avviene maggiormente d'inverno nelle prime ore del mattino e interessa vetrate isolanti soprattutto basso emissive rivolte verso ampi spazi aperti verdi. L'aria umida si alza dal terreno e va a colpire la superficie fredda dell'edificio, in particolare quella del vetrocamera. La condensa infatti è più evidente sui materiali molto compatti e non porosi, come appunto il vetro.

La condensa superficiale sulla faccia esterna si produce generalmente sul punto più freddo della faccia esterna della vetrata situato principalmente nella zona centrale, là dove le dispersioni termiche sono più deboli.

Il fenomeno della condensa esterna non è dannoso e non è generato dal cattivo funzionamento del vetrocamera, ma al contrario, dimostra che la vetrata funziona correttamente, isolando adeguatamente l'ambiente interno e disperdendo poco calore verso l'esterno.

In passato le vetrate poco efficienti con elevati valori di trasmittanza termica, non erano interessate da questo fenomeno perché, disperdendo molto calore verso l'esterno, mantenevano calda la lastra esterna impedendo così la formazione della condensa.

Per ridurre l'effetto di appannamento del vetro, una soluzione efficace consiste nell'utilizzare un trattamento idrofilo sul vetro, che impedisca la formazione delle goccioline di condensa.

12.2. CONDENZA INTERNA ALL'ABITAZIONE

La condensa superficiale sulla faccia interna origina generalmente negli angoli a causa del raffreddamento prodotto dal ponte termico.

Il fenomeno della condensa superficiale sulla faccia che è rivolta all'interno dell'abitazione è essenzialmente legata ai fattori seguenti:

- il clima esterno;
- la temperatura dell'aria interna;
- la produzione di umidità nell'edificio;
- la portata della ventilazione;
- la temperatura superficiale della parete.

Il modo migliore per limitare la condensa superficiale sulla faccia interna è quello di captare il vapore acqueo alla fonte (prodotto ad esempio in cucina e in bagno) ed eliminarlo direttamente convogliandolo all'esterno. All'occorrenza, si può ottimizzare il sistema di riscaldamento e di ventilazione degli ambienti. È anche possibile ridurre il rischio di condensa utilizzando vetrate isolanti con un distanziatore a bordo caldo.

Questo ha l'effetto di aumentare la temperatura di superficie del vetro interno e permette così di ridurre il rischio di condensa negli angoli.



ATTENZIONE

Per evitare la formazione di condensa interna all'abitazione è molto importante provvedere ad areare adeguatamente i locali.

12.3. CONDENZA INTERNA AL VETROCAMERA

Indipendentemente dalle considerazioni sulla difficoltà di mantenere il comfort interno, la condensa nell'intercapedine dei vetrocamera avviene generalmente per difetto di tenuta della sigillatura primaria costituita dal cordolo di butile, che unisce le lastre di vetro al distanziatore e per quella secondaria, del sigillante. L'alterazione di tenuta di questa doppia barriera genera migrazioni di vapore che possono portare al fenomeno dell'appannamento interno all'intercapedine.



Nell'intercapedine, in corrispondenza del distanziatore, è collocato un disidratante che ha il compito di assorbire il vapore acqueo contenuto nel vetrocamera immediatamente dopo la sua realizzazione e anche quello che dovesse entrare successivamente alla posa.

Qualora vi siano delle infiltrazioni dall'ambiente esterno verso l'interno del vetrocamera, il sale disidratante giunge a saturazione e non è in grado di assorbire il vapore acqueo proveniente dall'ambiente confinante. In particolari condizioni di temperatura superficiale si ha la condensazione del vapore.

La formazione di condensa sulle superfici in intercapedine, provoca la variazione delle caratteristiche ottiche dell'elemento tecnico determinando una riduzione delle prestazioni ottico-energetiche.

Quando la presenza è prolungata nel tempo il fenomeno di alterazione può diventare di tipo chimico e irreversibile.



Avvertenze

• Una condensazione sulle superfici esterne del vetrocamera (esterno all'abitazione o interno alla casa) che si produce:

- in periodi di forte umidità;
- in locali a forte produzione di umidità momentanea (ad es., bagno);
- in periodi eccezionalmente freddi.

E' normale se il fenomeno è passeggero e cioè scompare quando anche la causa scompare. Questa condensazione non può tuttavia essere permanente.

• Durante i lavori di ristrutturazione o di costruzione di un edificio, l'utilizzo di materiali edili quali cemento, malta, gesso e ceramiche necessita dell'uso di grandi quantità d'acqua. L'asciugatura di tali materiali genera all'interno degli edifici un clima transitorio (talvolta per oltre un anno) caratterizzato da un'umidità anomala che eleva in modo altrettanto anomalo i rischi di condensa.

• Spazi circoscritti: anche nei locali generalmente ben arieggiati e/o riscaldati in funzione del loro utilizzo, si possono creare degli spazi circoscritti scarsamente ventilati e produrre in essi climi localizzati caratterizzati da un'umidità anomala (ad esempio, lo spazio creato tra serramenti e tendaggi, disposizione di decorazioni o mobili in prossimità di serramenti, ecc.). Il rischio di condensa in tali spazi è molto più elevato del normale.



NOTA

La formazione di condensa interna alla vetrata isolante è un difetto di produzione che deve essere segnalato al produttore.

Il produttore garantisce la propria vetrata isolante in conformità alla normativa vigente vedi "Codice del Consumo" D.lgs 206 del 2005 e s.m.i.

13.SHOCK TERMICO



Lo shock termico si verifica in seguito ad una dilatazione termica del vetro, che avviene a causa di una variazione di temperatura. Se accade che due zone della stessa lastra raggiungono temperature diverse tra loro, quella a temperatura superiore tende a dilatarsi mentre l'altra ne oppone resistenza, creando sforzi di trazione nella parte più fredda della lastra.

Nel caso particolare di vetrate isolanti bisogna considerare che il vetro è comunemente intelaiato circondando i bordi con una guarnizione; l'area del vetro esposta alla radiazione solare assorbe calore, aumenta la propria temperatura e si dilata. I bordi del vetro, che sono schermati dalla radiazione solare, rimangono più freddi rispetto alla superficie esposta. La differente espansione che ne risulta introduce una tensione sul bordo del vetro e se essa supera la tensione di rottura del vetro, avremo una frattura da shock termico.

La frattura conseguente a shock termico è ben identificabile in quanto ha origine dal bordo del vetro e si genera ortogonalmente a questo (90° rispetto allo spessore e 90° rispetto alla direzione del bordo); l'andamento della frattura può variare in funzione dell'intensità delle tensioni termiche, può fermarsi a poca distanza dal bordo, serpeggiare al confine tra zona calda e zona fredda oppure dirigersi verso il centro della lastra. Nel caso in cui il bordo del vetro presenti difettosità variamente causate o sopravvenute, l'innesco di tali rotture può avvenire anche con gradienti di temperatura relativamente bassi, ed un'ulteriore causa di rottura può essere la concentrazione di calore dovuta a corpi posizionati nelle immediate vicinanze del vetro.



I vetri temprati ed induriti non sono soggetti a shock termico.

13.1. FATTORI CHE INFLUENZANO LO STRESS TERMICO

Qualunque elemento che tenda ad incrementare la differenza di temperatura tra il centro (caldo) ed il bordo (freddo) del vetro, introduce stress termico. Elementi di questo tipo sono:

Radiazione solare elevata

L'intensità della radiazione sulla vetrata è determinata dalla dislocazione geografica dell'edificio, dall'orientazione della vetrata, dalla stagione, dall'ora del giorno, dalla nuvolosità, dall'inquinamento atmosferico e dalla riflessione del terreno o delle strutture adiacenti.

La frattura termica per radiazione solare elevata può avvenire anche prima che il vetro sia montato. Le lastre lasciate impilate ed esposte alla radiazione solare diretta possono diventare estremamente calde al centro del pacco, perfino nel caso di vetro chiaro. D'altra parte i bordi si raffreddano a contatto con l'aria dell'ambiente, creando una differenza di temperatura tra il centro ed i bordi delle lastre al centro del pacco. Per questo motivo il vetro non dovrebbe mai essere stoccato a contatto diretto con la radiazione solare.

Elevato assorbimento di calore irraggiato

La caratteristica più rilevante per il vetro in riferimento alla sicurezza termica è l'assorbimento. Tanto maggiore è l'assorbimento termico della radiazione solare, tanto più alta è la temperatura del vetro e tanto maggiore lo stress termico.

Inclinazione della facciata

Tanto più la superficie vetrata risulta inclinata (fino all'orizzontale) e tanto più l'incidenza della radiazione su questa aumenta, maggiore è l'energia che viene accumulata nella vetrata stessa e di conseguenza la temperatura che questa raggiunge.

Valore di assorbimento energetico

Il valore di assorbimento energetico da parte del vetro isolante, varia in presenza di trattamenti superficiali (coating, smaltature, serigrafie, ecc.). Le sollecitazioni termiche tendono a crearsi in particolare nei vetri ad assorbimento energetico elevato, quali vetri colorati in massa o rivestiti con coating assorbenti.

L'utilizzo di vetro a basso assorbimento energetico, quale il vetro extrachiaro a basso contenuto di ferro, riduce i rischi di rotture per sollecitazioni di natura termica.

Rivestimenti

Il rivestimento dei vetri con pellicola adesiva (ma anche con vernice) può dare origine a sollecitazioni termiche, in particolare nel caso di colori scuri. La probabilità di rottura aumenta e di questo fatto occorre tenere conto in sede di progettazione.

Pareti od oggetti retrostanti

Qualunque oggetto tenda a riflettere o reirradiare calore verso il vetro dall'interno dell'edificio, va ad incrementare la quantità di calore assorbito dal vetro. Trattasi di strutture permanenti poste vicino alla superficie interna del vetro. Spesso ci si riferisce a tendaggi o pannelli a tutt'altezza, ma possono essere anche controsoffitti sospesi, condotti di un sistema interno di riscaldamento, colonne interne o bordi di gradini sul pavimento.

Condizioni di bordo del vetro

Le condizioni del bordo della lastra sono estremamente importanti. Dal momento che la tensione di trazione è indotta sui bordi del vetro, la tensione di rottura del vetro è generalmente influenzata dalle lavorazioni, dall'estensione e dalla posizione di difetti su di esso. Si ritiene che per minimizzare il rischio di shock termico e di rotture innescate sulle zone di appoggio, è fondamentale eseguire molature perimetrali di buon livello (grezze o lucida vedi par. 5.3) e possibilmente senza zone a da taglio vivo.

Tipo di telaio

La temperatura del bordo e dunque lo stress termico del vetro, sono influenzati dal tipo e dalle proprietà del telaio. Le caratteristiche termiche dei vari materiali (cemento, metallo, legno, materie plastiche, ecc.) utilizzate per intelaiare il vetro variano in modo considerevole; oltre a questo, la forma del serramento è importante in quanto determina la quantità di vetro che verrà riscaldata o meno. Una facile conduzione di calore dal serramento al muro tende ad abbassare la temperatura del bordo del vetro.

Ombreggiatura esterna

Ombre portate sul vetro, temporanee o permanenti, possono causare forti differenze di temperatura. Tensioni termiche addizionali vengono così indotte nel vetro quando esso è parzialmente schermato dal sole per effetto di agenti esterni come coperture, cornicioni, terrazzi, montanti sporgenti o muri contigui. Ombre possono essere proiettate anche da oggetti più distanti quali alberi o edifici circostanti.

Durante il lavoro di costruzione, ci sono spesso impalcature intorno all'edificio che possono creare ombre statiche. Se il vetro è stato soggetto a uno studio per la sicurezza termica e non è previsto che ombre statiche siano consentite (poiché esse non saranno presenti sull'edificio a lavoro finito), allora rotture termiche possono verificarsi durante la fase di costruzione. Queste possono essere evitate schermando totalmente il vetro con fogli a perdere; questa è una buona soluzione pratica che permette anche di proteggere la superficie del vetro da danneggiamento e contaminazione.

Schermature interne

Tende, avvolgibili, veneziane o altri sistemi schermanti possono interferire con il movimento naturale dell'aria a contatto col vetro. Esse possono inoltre riflettere e irradiare nuovamente la radiazione solare, incrementando la temperatura del vetro. E' inoltre necessario verificare posizionamento e relativi effetti dei sistemi di ventilazione.

Elementi di riscaldamento

La fonte primaria di energia che provoca lo stress termico è il sole. Fonti secondarie come radiatori o convettori per riscaldamento possono aggiungere calore supplementare al vetro ed incrementare le tensioni termiche nel vetro, specialmente quando il calore sia emesso direttamente contro la lastra.

Vetrare isolanti

Per le vetrare isolanti la quantità di calore trasferita dal vetro all'aria circostante è ridotta. L'effetto è ancora più pronunciato al crescere del numero di intercapedini e di lastre.

Elevata temperatura e flusso ridotto dell'aria

Temperatura elevata e ristagno dell'aria tendono a ridurre la quantità di calore che viene ceduto dal vetro, favorendone il riscaldamento.

Inclinazione della vetrata (verticale o non verticale)

L'incidenza della radiazione solare varia con l'angolo di inclinazione.

Finestre apribili o scorrevoli

Quando viene progettata una porta o una finestra scorrevole realizzata con vetrata isolante, in cui si possono verificare condizioni di sovrapposizione con altre superfici, si deve tener presente che tra questi elementi si viene a formare una camera aggiuntiva. In conseguenza della radiazione solare nella camera d'aria, non solo aumenta la temperatura, ma il calore si disperde difficilmente, esponendo in tal modo le lastre di vetro ad un'ulteriore sollecitazione termica e quindi a rischio di rottura. In questi casi occorre valutare con cura quali siano le tipologie di vetro e/o le lavorazioni più idonee da utilizzare.

Fratture della lastra interna in vetrocamera – clima freddo

In climi freddi, è possibile che avvengano rotture termiche sulla lastra interna durante la notte. La bassa temperatura raffredda il telaio e di conseguenza il bordo del vetro, mentre la parte centrale della lastra interna è mantenuta più calda dalla temperatura della stanza. Questo effetto può essere evitato utilizzando materiali isolanti per il serramento (materie plastiche o legno) o prevedendo correttamente nei telai di metallo il taglio termico.



ATTENZIONE

Al fine di evitare i rischi di rotture a causa di sollecitazioni di natura termica del vetro è necessario eseguire un'attenta valutazione delle possibili variabili ambientali ed una consapevole progettazione, che preveda la scelta di un prodotto idoneo e di qualità (vetri e serramenti), un montaggio a regola d'arte ed un utilizzo corretto da parte del consumatore.

14. QUALITA' OTTICA E INDICI DI TOLLERABILITA'

Quando si parla di qualità ottiche del vetro usato in edilizia c'è molta confusione su quale siano le norme a cui fare riferimento. In questo capitolo cercheremo di fare chiarezza procedendo dapprima all'individuazione della norma corretta da applicare a seconda dei casi e poi, esaminando brevemente il contenuto di tali norme.

14.1. VETRATE ISOLANTI

Se ci riferiamo ad una vetrata isolante destinata all'impiego in edilizia (sia essa formata da vetro stratificato, da vetri float o da vetri temperati o induriti) il documento a cui fare riferimento è l'UNI TR 11404/2011.

Il documento discrimina tra aspetti visibili che non costituiscono difetto perché derivano dalle caratteristiche fisiche dei materiali ed altri che invece sono da considerarsi come della difettosità, fissando per questi ultimi i limiti ammissibili sulle vetrate.



ATTENZIONE

Il rapporto tecnico UNI TR 11404 del 2011 **NON** si applica:

- Alla valutazione della qualità visiva e di lavorazione dei bordi per i vetri non interamente intelaiati.
- Alle vetrate impiegate in facciate continue.

14.1.1. METODO DI ESAME

La posizione dell'osservatore è ad un metro dalla vetrata (distanza questa che migliora il livello di qualità rispetto a quella prevista dalle norme), osservando dall'interno verso l'esterno, in posizione ortogonale all'elemento esaminato.



NOTA

L'eventuale presenza di puntini, bollicine, graffi, corpi estranei o sporcizia in generale, non visibile in queste condizioni, non può essere considerata difetto.

La vetrata va inoltre esaminata in trasparenza, osservando quindi lo sfondo e non la superficie. In sede di valutazione non devono essere evidenziate sulla superficie, le porzioni oggetto di contestazione. La valutazione delle difettosità va effettuata in condizioni di luce naturale diffusa (overcast sky) senza irraggiamento diretto e senza la presenza di luce artificiale.

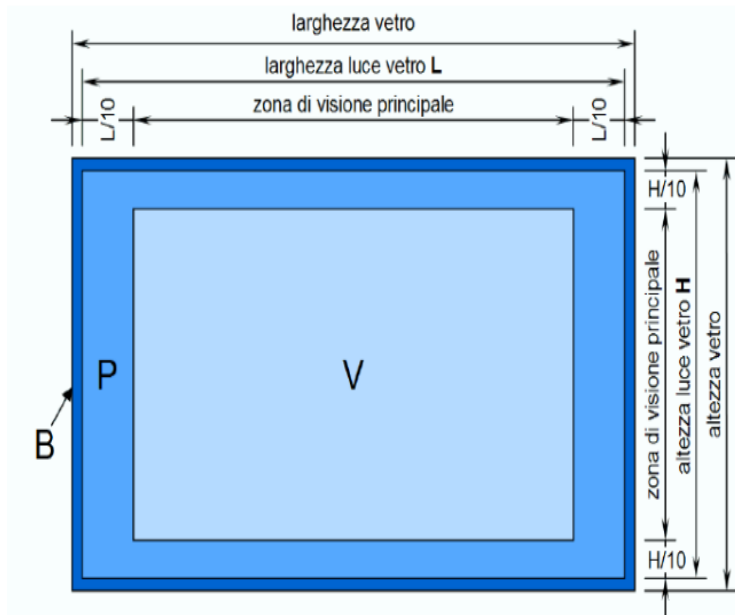
Anche le vetrature poste all'interno vanno valutate con luce diffusa.

Al fine di valutare il grado di percezione del difetto, la vetratura dovrà essere scomposta, secondo lo schema di figura, in tre "zone":

zona di battuta (B): Larghezza 18mm (ad eccezione di danneggiamenti meccanici di bordi, nessuna restrizione);

zona bordo (P-perimetrale): Superficie 10% dell'altezza e della larghezza del vetro in luce (valutazione meno severa) Nel caso di vetrature con superficie > 4 m², superficie 15% dell'altezza e della lunghezza del vetro in luce;

zona principale (V di visione): valutazione molto severa.



14.1.2. ASPETTI VISIVI TOLLERABILI

Colore intrinseco: Tutti i materiali utilizzati per le vetrature hanno un colore intrinseco che diventa più visibile con l'aumento dello spessore. Le variazioni di colore dovute allo spessore e al colore intrinseco non sono un difetto.

Aspetto dell'intercapedine: L'intercapedine della vetratura isolante non deve presentare impurità oltre i limiti ammessi nel prospetto che segue. Nell'intercapedine inoltre possono essere presenti esigue quantità di sali disidratanti dovute al processo produttivo.

Il distanziatore può essere tagliato e giuntato con angolari o piegato. Nel caso di distanziatore piegato, la curvatura o lo schiacciamento derivanti da lavorazioni meccaniche non sono un difetto, ma una caratteristica migliorativa.

Inoltre su ogni vetratura possono essere presenti fori per l'inserimento del gas e giunzioni che non sono difetti in quanto necessari al processo produttivo.

Sigillatura perimetrale delle vetrature isolanti: Se per motivi di montaggio la sigillatura perimetrale della vetratura isolante in uno o più punti non venisse coperta dal telaio, è possibile che nella zona della sigillatura perimetrale si vedano segni residui dovuti al processo di produzione i quali non costituiscono difetto.

Zona	Difetti ammissibili per unità	
B	Difetti superficiali sul lato esterno della zona di battuta (comunemente definiti "conchiglie", residui di scaglie) che non pregiudichino la resistenza del vetro e che non si estendano oltre la zona di sigillatura perimetrale	
	Conchiglie sul lato interno della zona di battuta, senza schegge mobili, riempite dal materiale di sigillatura	
	Residui, puntiformi e superficiali e graffi – senza limiti	
P	Inclusioni, bolle, punti, macchie, ecc.	
	Superficie lastra (m²)	Unità ammissibili
	≤ 1	max. 4 unità, di cui non più di 2 unità sullo stesso lato perimetrale, ciascuna ≥ 0,5 mm e ≤ 2 mm
	> 1 e ≤ 2,5	max. 5 unità ciascuna ≥ 0,5 mm e ≤ 2 mm
	> 2,5 e ≤ 4	max. 6 unità ciascuna ≥ 0,5 mm e ≤ 3 mm
	> 4	max 1 unità ogni metro lineare di perimetro
	Residui puntiformi nell'intercapedine di vetrate isolanti	
	Superficie lastra (m²)	Unità ammissibili
	≤ 1	max. 4 unità, di cui non più di 2 unità sullo stesso lato perimetrale, ciascuna ≥ 0,5 mm e ≤ 2 mm
	> 1 e ≤ 2,5	max. 5 unità ciascuna ≥ 0,5 mm e ≤ 2 mm
	> 2,5 e ≤ 4	max. 6 unità ciascuna ≥ 0,5 mm e ≤ 3 mm,
	> 4	max 1 unità ogni metro lineare di perimetro
	Residui superficiali (macchie) nell'intercapedine di colore bianco-grigiastro trasparente	
	Superficie lastra (m²)	Unità ammissibili
	≤ 1	max. 1 unità ≤ 3 cm ²
	> 1 e ≤ 2,5	max. 2 unità ≤ 3 cm ²
	> 2,5 e ≤ 4	max. 3 unità ≤ 3 cm ²

	> 4	max. 5 unità $\leq 3 \text{ cm}^2$
	Graffi	
	Superficie lastra (m²)	Unità ammissibili
	≤ 1	somma della lunghezza dei singoli graffi max. 60 mm - lunghezza singolo graffio max. 30 mm
	> 1 e $\leq 2,5$	somma della lunghezza dei singoli graffi max. 90 mm - lunghezza singolo graffio max. 30 mm
	> 2,5 e ≤ 4	somma della lunghezza dei singoli graffi max. 120 mm - lunghezza singolo graffio max. 30 mm
	> 4	max 160 mm come somma e max 30 mm come singolo graffio
	Graffi capillari	
	ammessi se non concentrati da apparire all'esame visivo come macchie	
V	Inclusioni, bolle, difetti puntiformi, macchie ecc.	
	Superficie lastra (m²)	Unità ammissibili
	≤ 1	max. 2 unità, ciascuna $\geq 0,5 \text{ mm}$ e $\leq 2 \text{ mm}$
	> 1 e $\leq 2,5$	max. 3 unità ciascuna $\geq 0,5 \text{ mm}$ e $\leq 2 \text{ mm}$
	> 2,5 e ≤ 4	max. 5 unità ciascuna $\geq 0,5 \text{ mm}$ e $\leq 2 \text{ mm}$
	> 4	si applica il parametro precedente con incremento di max 1 unità ogni ulteriore m ² , ciascuna $\geq 0,5 \text{ mm}$ e $\leq 2 \text{ mm}$
	Graffi	
	Superficie lastra (m²)	Unità ammissibili
	≤ 1	somma della lunghezza dei singoli graffi max. 30 mm - lunghezza singolo graffio max. 15 mm
	> 1 e $\leq 2,5$	somma della lunghezza dei singoli graffi max. 45 mm - lunghezza singolo graffio max. 15 mm
	> 2,5 e ≤ 4	somma della lunghezza dei singoli graffi max. 60 mm - lunghezza singolo graffio max. 15 mm
	> 4	si applica il parametro precedente con incremento di ulteriori 20 mm come somma delle lunghezze dei singoli graffi per ogni ulteriore m ² – lunghezza singolo graffio max 15 mm
	Graffi capillari	
	ammessi se non concentrati da apparire all'esame visivo come macchie	

P+V	La valutazione delle zone P e V non deve essere effettuata in sommatoria dei valori delle singole zone. Il numero complessivo di difetti ammessi nelle zone P+V non deve superare il numero massimo ammesso per la zona P. Inclusioni, bolle, difetti puntiformi, macchie, ecc. di dimensioni comprese tra 0,5 mm e 1 mm sono consentiti oltre il limite imposto dal capoverso precedente, eccetto nel caso in cui siano presenti in concentrazioni elevate. Per concentrazioni elevate si intende la presenza di almeno 4 unità tra inclusioni, bolle, difetti puntiformi, macchie, ecc. concentrati in un'area il cui diametro sia inferiore o uguale a 20 cm
------------	---



ATTENZIONE

Per il vetro stratificato e stratificato di sicurezza le tolleranze delle zone P e V, relativamente al numero massimo di unità, vengono aumentate del 50% per ogni unità di vetro stratificato.



NOTA

Per la vetrata isolante tripla le tolleranze di cui alla Tabella 1 aumentano del 50%. Per la vetrata isolante quadrupla le tolleranze di cui alla Tabella 1 aumentano del 100%.



ATTENZIONE

Difetti di dimensioni maggiori di 2 mm non sono ammessi né nella zona V (zona principale di visione), né nella zona P.



ATTENZIONE

I difetti minori di 0,5 mm, in linea con quanto indicato dalla UNI EN 572 del 2004, non vengono considerati.

14.1.3. FENOMENI FISICI E CRITERI DI ACCETTAZIONE

Fenomeni di interferenza: frange di Brewster (come da norma UNI EN 1279-1)

Quando le superfici delle lastre di vetro sono parallele in modo quasi perfetto e la qualità della superficie è alta, il vetro isolante evidenzia colori di interferenza. Questi consistono in righe di colore variabile come conseguenza della scomposizione dello spettro della luce. Se la fonte di luce è il sole, i colori variano dal rosso al blu. Questo fenomeno non è un difetto, è intrinseco alla costruzione della vetrata isolante.

Effetti tipici delle vetrate multiple (come da norma UNI EN 1279-1)

Le variazioni di temperature dello spazio riempito con aria e/o gas e le variazioni della pressione barometrica dell'atmosfera e l'altitudine, fanno contrarre o espandere l'aria e/o il gas nell'intercapedine e di conseguenza, si verificano flessioni della lastra di vetro che provocano la distorsione delle immagini riflesse. Queste flessioni, che non possono essere eliminate, mostrano variazioni in funzione delle condizioni climatiche e possibili fenomeni di distorsione ottica.



NOTA

La portata dipende in parte dalla resistenza a flessione e dalle dimensioni delle lastre di vetro e anche dalla larghezza dell'intercapedine. Dimensioni piccole, vetri spessi e/o intercapedini piccole riducono tali flessioni in maniera significativa.



ATTENZIONE

Al momento dell'ordine della vetrata isolante è opportuno verificare l'altitudine del luogo di installazione della vetrata stessa ed eventualmente prevedere i dovuti accorgimenti tecnici vedi paragrafo 4.5.4

In corrispondenza delle superfici delle vetrate inoltre possono verificarsi riflessi multipli con vari gradi di intensità; tali riflessi risultano particolarmente evidenti nel caso in cui lo sfondo visibile attraverso la vetrata sia scuro (effetto "specchio") o le lastre siano coatizzate. Si tratta di una conseguenza di natura fisica e pertanto non rappresenta un difetto.

Anelli di Newton (come da norma UNI EN 1279-1)

La vetrata isolante deve essere composta da elementi di adeguato spessore ed intercapedine, al fine di evitare che le lastre stesse possano venire a contatto o quasi contatto, generando l'effetto ottico degli anelli di Newton. Tale effetto ottico si manifesta con una serie di anelli colorati concentrici, con il centro nel

punto di contatto/quasi contatto delle due lastre. Gli anelli sono approssimativamente circolari o ellittici. Si tratta di effetto non accettabile, pertanto rappresenta un difetto.

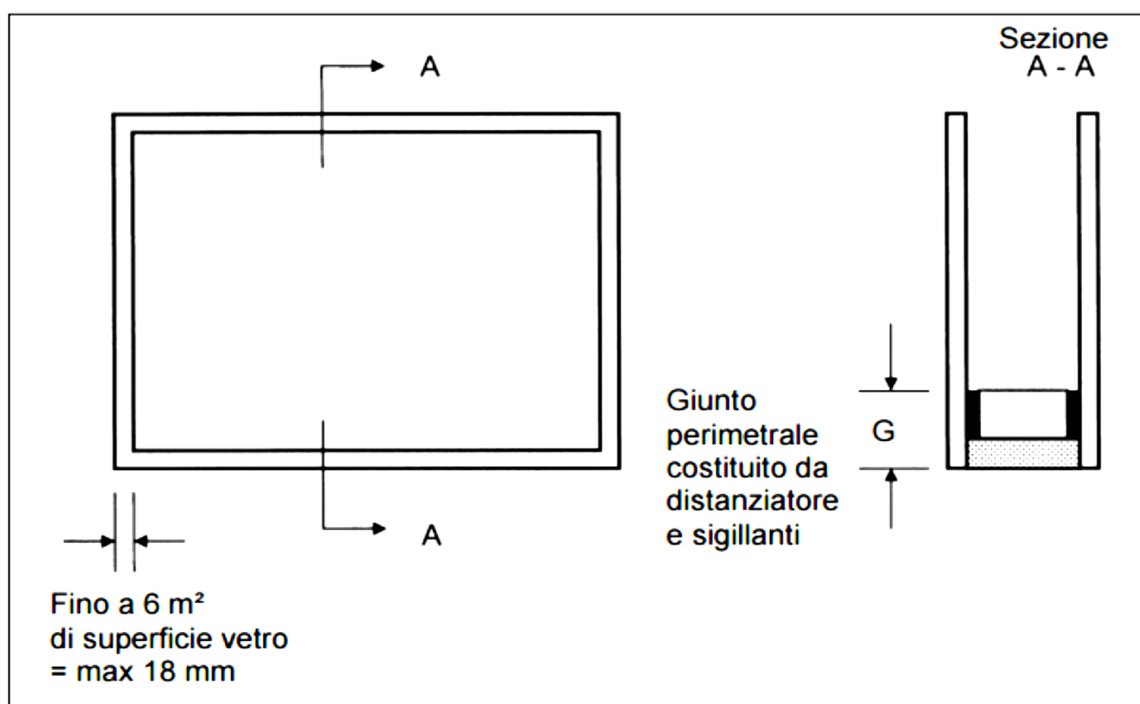
“Wettability”

Quando le superfici esterne della vetrata sono interessate da condensa, pioggia o acqua per la pulizia, possono emergere tracce o impronte riconducibili ad esempio a rulli, impronte digitali, etichette, grana di carta, ventose, residui di sigillanti, sostanze lucidanti, lubrificanti, smog o altri fattori ambientali. Si tratta di un fenomeno accettabile se transitorio, cioè limitato alla permanenza delle condizioni di condensa, pioggia o acqua. Se il fenomeno persiste è da considerarsi difetto.

14.1.4. SIGILLATURA PERIMETRALE

Altro fattore da considerare nel valutare la qualità ottica delle vetrate è la sigillatura perimetrale della vetrata isolante e l'allineamento del distanziatore. Per quest'ultimo sono stati definiti i criteri di accettabilità in funzione del materiale, dello spessore di cui è composto e della lunghezza del bordo della vetrata.

Il materiale sigillante della vetrata isolante può sbordare al massimo di 2 mm, oltre il giunto perimetrale (G) all'interno dell'intercapedine e sulla lastra di vetro. Il giunto può essere al massimo di 18 mm se la vetrata è inferiore a 6 m² (ad eccezione di composizioni speciali, così come composizioni che richiedono particolari calcoli statici).



L'intercapedine della vetrata isolante non deve presentare impurità rilevanti.



ATTENZIONE

Tracce di impurità fino a 2 mm o puntiformi, così come irregolarità superficiali del coating fino a un diametro massimo di 0,6 mm, non sono da considerarsi rilevanti.

Nell'intercapedine inoltre possono essere presenti esigue quantità di sali disidratanti dovute al processo produttivo. Il canalino può essere tagliato e giuntato con angolari o piegato. Nel caso di canalino piegato, la curvatura o lo schiacciamento derivanti da lavorazioni meccaniche automatiche, costituiscono caratteristica performante e non difetto. Su ogni vetrata possono essere presenti fori per l'inserimento del gas, nonché giunzioni, le quali, sia angolari che sui lati, sono tipiche del processo produttivo e non costituiscono difettosità.

Materiale del distanziatore	Lunghezza bordo minore o uguale a 2m	Lunghezza bordo > 2m	
alluminio e acciaio	3mm	3mm + 1mm ogni ulteriore metro	al max. 5mm
acciaio inox con spessore $\geq 0,2\text{mm}$	3mm	3mm + 1mm ogni ulteriore metro	al max. 5mm
acciaio inox con spessore $< 0,2\text{mm}$	4mm	4mm + 1,5mm ogni ulteriore metro	al max. 6mm
materiale plastico	4mm	4mm + 1,5mm ogni ulteriore metro	al max. 6mm

14.2. VERIFICA OTTICA E DIFETTOLOGICA DEL VETRO TEMPRATO

La norma esaminata sopra è riferibile anche al vetro temprato quando esso sia completamente intelaiato, ma se consideriamo per esempio un parapetto fatto con vetro temperato, allora la norma alla quale fare riferimento non sarà più l'UNI TR 11404, ma la UNI EN 12150-1. Dal punto di vista delle caratteristiche ottiche e delle difettologie, la 12150-1 prende in considerazione i seguenti fenomeni:

14.2.1. ONDE DEL RULLO



Durante il processo di tempra orizzontale quando il vetro caldo è a contatto con i rulli, si produce una distorsione superficiale, nota come "onda del rullo". L'onda del rullo si evidenzia normalmente per riflessione. Le lastre di vetro con spessore maggiore di 8 mm possono evidenziare tracce di piccole impronte del rullo sulla superficie.

14.2.2. ANISOTROPIA (IRIDESCENZA)

Il processo di trattamento termico (tempra termica) produce zone diversamente tensionate nella sezione trasversale del vetro. Queste zone tensionate producono un effetto birifrangente nel vetro, visibile alla luce polarizzata. Quando si guarda il vetro di silicato sodio-calcico di sicurezza temprato termicamente alla luce polarizzata, le zone tensionate appaiono come zone colorate, talvolta note come "macchie di leopardo". Nella normale luce diurna si ha luce polarizzata. L'entità di luce polarizzata dipende dalle condizioni atmosferiche e dall'angolazione del sole. L'effetto birifrangente è più evidente se visto con forte angolazione oppure attraverso lenti polarizzate. Si tratta di un fenomeno dovuto al processo di produzione (tempra termica) e pertanto non costituisce difetto.



14.2.3. INCURVAMENTO

La deformazione delle lastre temperate è uno dei maggiori motivi di deformazione delle vetrate. La norma UNI EN 12150-1 (Vetro per edilizia - Vetro di silicato sodio-calcico di sicurezza temprato termicamente) attesta che "per effetto della sua natura, il processo di indurimento termico non può dare un prodotto piano come il vetro ricotto"; le distorsioni previste dalla norma possono essere sia di "incurvamento globale o generale" che di "incurvamento localizzato".

La norma specifica come margine di tolleranza 0,003 mm/mm per l'incurvamento globale (ovvero 3 mm ogni 1000 mm) e 0,5 mm/300 mm per l'incurvamento localizzato. Per la trattazione dell'incurvamento si rimanda al paragrafo relativo al vetro temprato 4.4 del presente manuale.

14.3. VERIFICA OTTICA E DIFETTOLOGICA DEL VETRO STRATIFICATO

La norma esaminata sopra è riferibile anche al vetro stratificato quando esso sia completamente intelaiato, ma se consideriamo per esempio un parapetto fatto con vetro stratificato, allora la norma alla quale fare riferimento non sarà più l'UNI TR 11404, ma la UNI EN 12543-5 e 12543-6.

I gradi di finitura del bordo sono regolati da UNI EN ISO 12543 parte 5; essa definisce:

- Scostamenti sullo spessore dell'intercalare;
- Tolleranze dimensionali e di ortogonalità;
- Limiti dei disallineamenti delle lastre componenti lo stratificato;
- Qualità e grado di finitura dei bordi.

Scostamento limite sullo spessore degli intercalari

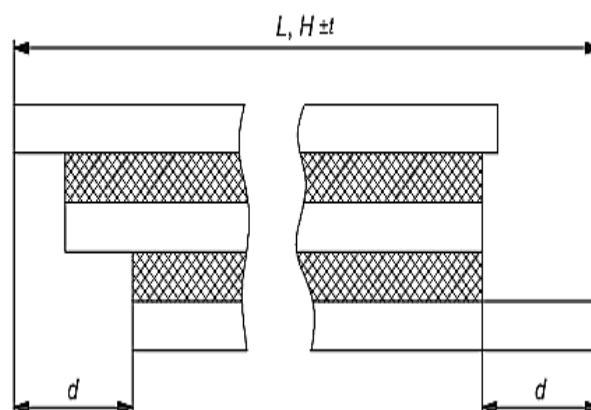
Spessore dell'intercalare	Scostamento limite
< 1	± 0,4
da ≥ 1 a < 2	± 0,5
da ≥ 2 a < 3	± 0,6
≥ 3	± 0,7

Tolleranze dimensionali in funzione di spessore e dimensioni della lastra

Dimensione nominale <i>L</i> oppure <i>H</i>	Spessore nominale del vetro stratificato ≤ 8 mm	Spessore nominale del vetro stratificato > 8 mm	
		Ogni lastra di vetro con < 10 mm di spessore nominale	Almeno una lastra di vetro ≥ 10 mm di spessore nominale
≤ 2000	+ 3,0 - 2,0	+ 3,5 - 2,0	+ 5,0 - 3,5
≤ 3000	+ 4,5 - 2,5	+ 5,0 - 3,0	+ 6,0 - 4,0
> 3000	+ 5,0 - 3,0	+ 6,0 - 4,0	+ 7,0 - 5,0

Spostamento – Cattivo allineamento dei bordi

Dimensione nominale L oppure H	Spostamento massimo ammissibile d
$L, H \leq 1\,000$	2,0
$1\,000 < L, H \leq 2\,000$	3,0
$2\,000 < L, H \leq 4\,000$	4,0
$L, H > 4\,000$	6,0



Dal punto di vista delle caratteristiche ottiche e delle difettologie la UNI EN ISO 12150-6 definisce con chiarezza:

- Tipologia di difetti e loro criteri di ammissibilità;
- Metodo di osservazione del difetto.

Metodo di osservazione del vetro stratificato

Il vetro stratificato è posto in posizione verticale, di fronte e parallelamente ad uno schermo grigio opaco ed è illuminato da luce diurna diffusa o equivalente.

Il vetro stratificato è sottoposto ad esame visivo osservandolo perpendicolarmente ad una distanza di 2 m dal vetro con lo schermo opaco sull'altro lato del vetro.

Tutti i difetti che rechino disturbo durante l'osservazione, devono essere marcati.



NOTA

La distanza di un osservazione di un vetro stratificato definita nella UNI EN ISO 12543-6 è di 2 metri invece che il metro previsto nell' UNI TR 11404

Tipologie dei difetti

difetto puntuale: Tipo di difetto che comprende punti opachi, bolle e corpi estranei.

difetto lineare: Tipo di difetto che comprende corpi estranei, graffi e abrasioni.

altri difetti: Difetti del vetro come crepe e difetti dell'intercalare, come pieghe, ritiro e striature.

punto opaco: Difetto visibile nel vetro stratificato.

Descrizione dei difetti

bolla: Solitamente d'aria, nel vetro o nell'intercalare.

corpo estraneo: Elemento non desiderato introdotto nel vetro stratificato durante la lavorazione.

graffio: Difetto lineare sulla superficie esterna del vetro stratificato.

abrasione: Difetto sulla superficie esterna del vetro stratificato.

crepe: Screpolature chiuse o fessure filanti che corrono all'interno del vetro partendo da un bordo.

piega: Distorsione introdotta nell'intercalare da piegature visibili dopo la lavorazione.

stria dovuta alla disomogeneità dell'intercalare: Distorsione nell'intercalare causata da difetti di lavorazione dell'intercalare, che sono visibili dopo la lavorazione.

area del bordo: Perimetro della lastra, generalmente contenuto nel sistema di vetratura.

Limiti di accettabilità

prospetto 1 Difetti puntuali ammissibili nella zona di visione

Dimensione del difetto d' mm		$0,5 < d' \leq 1,0$	$1,0 < d' \leq 3,0$			
Dimensione della lastra A m^2		Per tutte le dimensioni	$A \leq 1$	$1 < A \leq 2$	$2 < A \leq 8$	$A > 8$
Numero o densità di difetti ammissibili	2 lastre	Nessuna limitazione; in ogni caso nessuna concentrazione di difetti	1	2	$1/m^2$	$1,2/m^2$
	3 lastre		2	3	$1,5/m^2$	$1,8/m^2$
	4 lastre		3	4	$2/m^2$	$2,4/m^2$
	≥ 5 lastre		4	5	$2,5/m^2$	$3/m^2$

Nota: Si ha concentrazione di difetti quando quattro o più difetti si trovano ad una distanza < 200 mm l'uno dall'altro. Questa distanza si riduce a 180 mm per il vetro stratificato composto da tre lastre, a 150 mm per il vetro stratificato composto da quattro lastre ed a 100 mm per il vetro stratificato composto da cinque o più lastre

15. DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE (DoP)

La Dichiarazione di Prestazione (DoP) prevista secondo la CPR 305/2001 deve essere emessa dal produttore ad ogni fornitura e deve contenere le seguenti informazioni previste dalla legislazione:

- il riferimento del prodotto-tipo per cui è stata redatta;
- i sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto;
- il numero di riferimento e la data di pubblicazione della norma armonizzata;
- l'uso o gli usi previsti del prodotto da costruzione;
- l'elenco delle caratteristiche essenziali secondo la specifica tecnica armonizzata applicabile;
- la prestazione di almeno una delle caratteristiche essenziali del prodotto;
- nome e numero di identificazione dell'organismo notificato, se pertinente;
- nome, denominazione commerciale registrata o marchio registrato e indirizzo del fabbricante;
- luogo e data di emissione;
- nome, funzioni e relativa firma del soggetto che rilascia la Dichiarazione in rappresentanza del fabbricante;
- Inoltre vanno rese disponibili le ulteriori caratteristiche prestazionali richieste dalla commissione d'ordine.



NOTA

La Dichiarazione di Prestazione (DoP) è obbligatoria per i prodotti da costruzione.

Una marcatura CE eseguita senza DoP non risulta completa.



ATTENZIONE

Dove nella DoP è indicata la voce NPD significa che la prestazione non è stata determinata dal produttore. Ciò è possibile, ma comunque una DoP con tutte le caselle di prestazione indicanti NPD non è prevista.

Esempio di Dichiarazione di Prestazione per un vetro temprato:

<i>Logo Azienda</i>	Dichiarazione di Prestazione (DoP): Nr/Anno prima immissione sul mercato	
-------------------------	---	---

Organismo di certificazione: Nome ente Accreditato N/A se non applicabile

Azienda Fabbricante: *Indicare nome azienda produttrice.*

Stabilimento produttivo: *Indicare stabilimento produttivo*

Utilizzo del Prodotto: Vetro temprato e vetro temprato di sicurezza per uso in edilizia e nelle costruzioni

Tipologia Prodotto: Float 8 mm Temprato

Con la presente la *Nome Produttore* dichiara che il seguente prodotto è conforme alle disposizioni del Regolamento (UE) N° 305/2011 "Regolamento Prodotti da Costruzione".

È stata applicata la seguente norma di prodotto:

EN 12150-2:2005 Vetro di silicato sodo-calcico di sicurezza temprato termicamente

Caratteristiche di base	Sistemi AVCP	Prestazione
Resistenza al fuoco	1	NPD
Reazione al fuoco	3,4	NPD
Resistenza al fuoco proveniente dall'esterno	3,4	NPD
Sicurezza nell'uso		
Resistenza ai proiettili (EN 1063)	1	NPD
Resistenza all'esplosione (EN 13541)	1	NPD
Resistenza agli attacchi manuali (EN 356)	3	NPD
Resistenza agli urti - Prova del pendolo (EN 12600)	3	1(C)1
Resistenza alle brusche variazioni e differenze di temperatura	4	200 K
Resistenza a carichi di vento, neve e permanenti	4	NPD
Protezione contro il rumore		
Isolamento al rumore aereo diretto	3	32 dB
Proprietà termiche		
Emissività normale	3	NPD
Proprietà termiche - Valore Ug (W/m ² .K) - (EN 673)	3	5.6
Proprietà di irraggiamento		
Trasmissione luminosa	3	89
Riflessione luminosa	3	8
Proprietà energetiche		
Trasmissione energetica diretta	3	81
Riflessione energetica	3	7
Fattore solare	3	83
Durabilità		
	3	PASS

Data: gg/mm/aa

L'amministratore

16. DECRETO DEI MINIMI

Il progettista, il committente, il serramentista e il posatore devono porre particolare attenzione al nuovo decreto interministeriale denominato «Decreto dei Minimi».

Il decreto è stato approvato il 26 giugno 2015 e pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Nr. 39 il 15 luglio 2015; tale decreto definisce i nuovi limiti prestazionali previsti per i serramenti e le vetrazioni in funzione delle zone e delle esposizioni di installazione.

Il decreto si applica in modo differenziato in funzione del tipo di intervento sull'edificio e cioè:

- ristrutturazioni di 1° livello (requisiti applicati a intero edificio);
- ristrutturazioni di 2° livello (requisiti applicati a parete oggetto di intervento e a singoli componenti);
- riqualificazione (requisiti applicati ai soli componenti oggetto dell'intervento).

Per semplificazione indichiamo nelle tabelle sottostanti i valori principali previsti nel decreto.

Tabella relativa alla suddivisione delle zone

zona	gradi giorno	esempi
A	fino a 600	Lampedusa, Linosa, Porto Empedocle
B	da oltre 600 a 900	Agrigento, Catania, Crotone, Messina, Palermo, Reggio Calabria, Siracusa, Trapani
C	da oltre 900 a 1400	Bari, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caserta, Catanzaro, Cosenza, Imperia, Latina, Lecce, Napoli, Oristano, Ragusa, Salerno, Sassari, Taranto
D	da oltre 1400 a 2100	Ancona, Ascoli Piceno, Avellino, Caltanissetta, Chieti, Firenze, Foggia, Forlì, Genova, Grosseto, Isernia, La Spezia, Livorno, Lucca, Macerata, Massa, Carrara, Matera, Nuoro, Pesaro e Urbino, Pescara, Pisa, Pistoia, Prato, Roma, Savona, Siena, Teramo, Terni, Verona, Vibo Valentia, Viterbo
E	da oltre 2100 a 3000	Alessandria, Aosta, Arezzo, Asti, Bergamo, Biella, Bologna, Bolzano, Brescia, Campobasso, Como, Cremona, Enna, Ferrara, Cesena, Frosinone, Gorizia, L'Aquila, Lecco, Lodi, Mantova, Milano, Modena, Novara, Padova, Parma, Pavia, Perugia, Piacenza, Pordenone, Potenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rieti, Rimini, Rovigo, Sondrio, Torino, Trento, Treviso, Trieste, Udine, Varese, Venezia, Verbania, Vercelli, Vicenza
F	oltre 3000	Belluno, Cuneo

Prestazioni Termiche

Confronto dei valori limite della trasmittanza termica U secondo decreto dei minimi del serramento per nuovi edifici e per edifici sottoposti a riqualificazione.

ZONA CLIMATICA	Uw DEL SERRAMENTO DAL 1° LUGLIO 2015 (W/m ² k)		Uw DEL SERRAMENTO DAL 1° GENNAIO 2019 (edifici pubblici) DAL 1° GENNAIO 2021 (W/m ² k)	
	Nuova Costruzione	Riqualificazione	Nuova Costruzione	Riqualificazione
A	3.2	3.2	3.0	3.0
B	3.2	3.2	3.0	3.0
C	2.4	2.4	2.2	2.0
D	2.0	2.1	1.8	1.8
E	1.8	1.9	1.4	1.4
F	1.5	1.7	1.1	1.0

Fattore solare

Valori limite del fattore di trasmissione solare, valore g secondo:

- D.P.R. 59/2009: Obbligatoria sistemi schermanti esterni; qualora se ne dimostri la non convenienza in termini tecnico-economici, possono essere omessi in presenza di superfici vetrate con fattore solare (UNI EN 410) minore o uguale a 0,5;
- Decreto dei minimi: fattore ggl+sh totale per i componenti finestrati con orientamento da Est ad Ovest passando per Sud (nuovi edifici e riqualificazione):

ZONA CLIMATICA	g DEL VETRO in assenza di schermi solari DAL 10 GIUGNO 2009	g gl+sh GLOBALE DEL SERRAMENTO DAL 1° LUGLIO 2015	g gl+sh GLOBALE DEL SERRAMENTO DAL 1° GENNAIO 2019 (edifici pubblici) DAL 1° GENNAIO 2021
Tutte le zone	≤ 0.5	≤ 0.35	≤ 0.35

17. FATTURAZIONE NEL MONDO VETRO

Come in tutti i settori anche nel mondo del vetro ci sono delle regole che, pur non essendo scritte, vengono applicate da tutti dando per scontato che l'interlocutore le conosca.

Non sempre questo è vero, quindi a titolo esemplificativo riportiamo alcune delle consuetudini relative alla fatturazione dei prodotti vetrari che sono comunemente applicate e riconosciute dagli operatori del settore.

In molti casi tali convenzioni di fatturazione sono già indicate nei capitolati di fornitura o nei prezziari edili.

I vetri in genere compresi i cristalli, sono valutati secondo il minimo del rettangolo circoscritto i cui lati verranno misurati per multipli di cm 4 uguali o immediatamente superiori alle misure effettive.

Per alcune tipologie di vetro vengono applicati dei minimi di fatturazione indipendentemente dalle dimensioni dei vetri, le più comuni sono:

- Minimo di misurazione m^2 0.30 per i vetri normali;
- Minimo di misurazione m^2 0.50 per i vetri isolanti;
- Minimo di fatturazione m^2 0.80 per i vetri stratificati;
- Minimo di fatturazione m^2 1.00 per i vetri stratificati con il sistema del sacco a vuoto (vacuum bag).



ATTENZIONE

In alcuni casi per i vetri sagomati (non rettangolari) la superficie è calcolata al rettangolo circoscritto implementata di una percentuale che può andare da 20% al 150% in funzione della tipologia di sagomatura.

Note:

[illegible]

[illegible]

Data _____

Manuale del Vetro N° _____

Consegnato da _____

Firma

Azienda ricevente _____

Persona incaricata ricezione _____

Firma



Data _____

Manuale del Vetro N° _____

Consegnato da _____

Firma

Azienda ricevente _____

Persona incaricata ricezione _____

Firma

Vetreria Cristinelli S.r.l.

Via Garibaldi, 57 – 25030 Paratico (BS)

tel. 035 917791 – fax 035 917792

web: www.vetrieriacristinelli.it

e-mail: info@vetrieriacristinelli.it



Un'iniziativa di:

Massimo Belleri

A cura di:

Dott.ssa Elena Piccinelli e Alessio Piccinelli

Con la collaborazione di:

Ennio Mognato – Stazione Sperimentale del Vetro

Ing. Michel Palumbo e Ing. M. Teresa Mazzucchelli – Programmavetro