I SERRAMENTI IN PVC SOTTO LA LENTE DEL CICLO DI VITA

I risultati e le metodologie dello studio LCA che ha posto a confronto serramenti in PVC, in alluminio e in legno

PVC Forum Italia
Centro di Informazione sul PVC

I motivi dello studio LCA

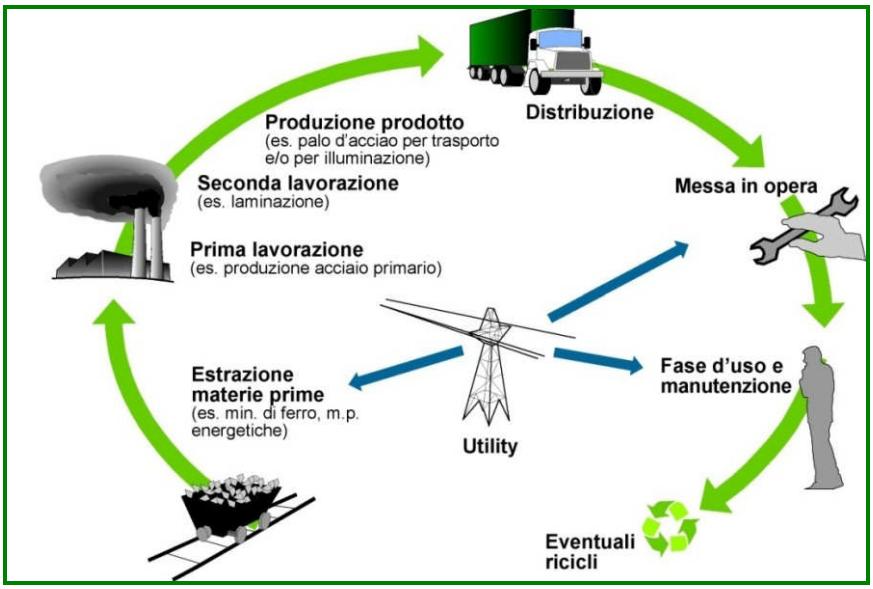
Un sistema industriale e i suoi prodotti sono compatibili con l'ambiente quando ne soddisfano bisogni e richieste senza comprometterlo

La crescente sensibilità ecologica oggi indirizza sempre più le scelte verso oggetti e beni di cui è stata concretamente determinata l'ecocompatibilità del ciclo produttivo, della vita in opera e dello smaltimento finale, mediante valutazioni di quantità e di qualità.

Sensibile nei confronti di questo problema, il **Centro di Informazione sul PVC** ha affidato ad una società specializzata il compito di effettuare uno studio di **L**ife **C**ycle **A**ssessment (LCA) finalizzato a porre a confronto i serramenti e gli avvolgibili in PVC con quelli in alluminio e legno. L'incarico è stato assegnato allo Studio Associato Life Cycle Engineering (www.studiolce.it), specializzato da oltre 15 anni nella realizzazione di valutazioni ambientali specifiche (LCA, Eco-design, Ecolabel, etc.) che ne ha presentato i risultati in un convegno tenutosi a Milano.

Cos'è una LCA e…

Prima di esaminare gli esiti dello studio è forse opportuno definire cosa è una **Life Cycle Analysis**. Internazionalmente identificata con l'acronimo **LCA** e in Italia chiamata "Analisi del Ciclo di Vita", è una metodologia di valutazione dei carichi energetici e ambientali associati ad un prodotto o ad un processo, lungo l'intero ciclo di vita sintetizzato dal seguente schema esemplificativo.



…a cosa serve

Una LCA è normalmente utilizzata per verificare e accertare l'impatto ambientale di un prodotto, di un servizio o d'una qualunque attività e, ricorrendo a metodi complessi d'analisi, cerca di esaminare tutti gli effetti da essi causati sull'ambiente.
La valutazione dell'impatto ambientale complessivo di un dato manufatto deve essere condotta secondo un iter definito, standardizzato e uniforme. La norma ISO 14040, emessa nel 1998, fornisce a tal proposito lo schema di riferimento da seguire.

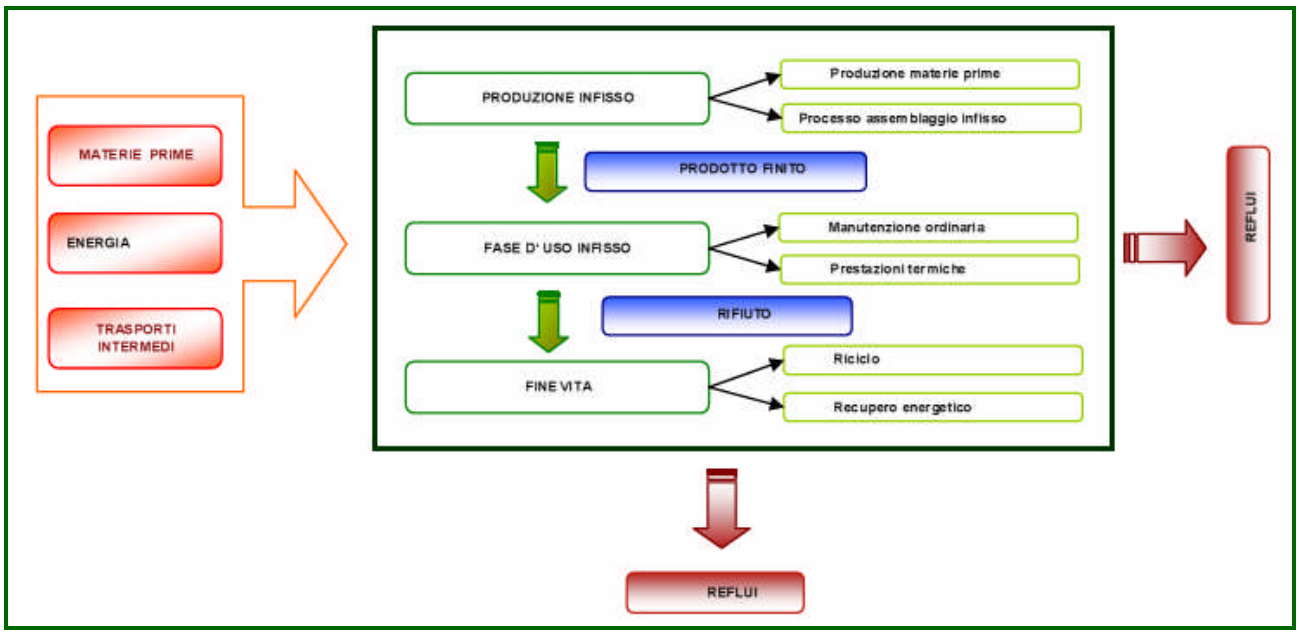
Per una corretta valutazione dei risultati di una LCA, è importante definire in modo coerente la cosiddetta "**unità funzionale**" che fissa l'"unità di misura" sulla base della quale calcolare i vari impatti ambientali. Tale "unità funzionale" **deve essere scelta sulla base della specifica applicazione e può quindi essere diversa per uno stesso materiale/articolo utilizzabile in differenti modalità**.

Da precisare che i principali indicatori di uno studio LCA sono essenzialmente di due tipi:

- **energetico -** sono i consumi d'energia necessaria a produrre l'unità funzionale (in questo caso un modello ben determinato di serramento o di avvolgibile). Li esprime il parametro **GER** (**G**ross **E**nergy **R**equirement) espresso in MJ che evidenzia il fabbisogno energetico complessivo;
- **ambientale -** illustrano il consumo di risorse naturali, le emissioni in aria e in acqua e i rifiuti solidi prodotti sempre riferiti all'unità funzionale generata. Il **GWP_{100}** (**G**lobal **W**arming **P**otential che è l'effetto serra potenziale a 100 anni) è espresso in Kg di CO_2.

Come accennato la società di Torino ha operato sia per gli infissi sia per gli avvolgibili in PVC (unità funzionali) effettuando praticamente **in due LCA i confronti in base ai suindicati GER e GWP_{100}**.

Esaminiamo ora le metodologie e i risultati dello studio LCA inerente agli infissi in PVC seguendo in pratica questo schema:



Analisi del ciclo di vita dei serramenti in PVC

Per quanto riguarda i serramenti, la metodologia LCA è stata applicata ai sistemi inerenti le chiusure trasparenti in:

- PVC
- alluminio con taglio termico
- legno

Il serramento è stato scomposto nelle sue principali unità costituenti, essenzialmente riconducibili a:

1. parte opaca (telai);
2. parte trasparente (vetro);
3. parti accessorie (ferramenta e guarnizioni).

Lo studio ha analizzato tre fasi: quella produttiva, quella di fase d'uso e quella di fine vita **di una precisa "unità funzionale"** e cioè di una finestra avente le seguenti caratteristiche:

- dimensione 120 x 150 cm (larghezza per altezza)
- vetro con trasmittanza termica Ug pari a 1,1 W/($m^2 \cdot K$)
- anta singola
- vita utile 30 anni

Nella tabella successiva sono indicate le caratteristiche degli infissi comparati. Come si nota la componente trasparente è uguale per ciascuna tipologia di serramento: si tratta di vetro doppio basso emissivo, spessori 4mm/15mm, Argon/4mm, densità = 2,5 Kg/m^3, area vetro totale = 1,44 m^2.

	Infisso in LEGNO	Infisso in PVC	Infisso in ALLUMINIO
PARTE TRASPARENTE	Vetro doppio = 28,83 kg	Vetro doppio = 28,83 kg	Vetro doppio = 28,83 kg
PARTE OPACA	Telaio + anta = 28,91 kg Impregnante = 0,324 l	Telaio + anta = 16,5 kg	Telaio + anta = 15,5 kg
PARTI ACCESSORIE	Guarnizione = 1,72 kg Ferramenta <' 2 kg	Guarnizione = 0,86 kg Ferramenta < 2 kg Rinforzi = 11,5 kg	Guarnizione = 0,86 kg Ferramenta <' 2 kg
ALTRO	Vernice impregnante	-	-

La tabella precisa il peso degli infissi oggetto dello studio (telai, vetri e guarnizioni). Come già accennato i dati si riferiscono ad un serramento di 120x150 cm e sono relativi ad infissi disponibili sul mercato alla data di esecuzione della ricerca.

La fase d'uso dell'infisso

Esaminiamo adesso la seconda parte dell'analisi del ciclo di vita delle unità funzionali "infissi" e cioè la loro fase d'uso. Il modello di studio utilizzato ne ha preso in considerazione le attività di **manutenzione ordinaria** e le **performance termiche invernali** (intese come energia dispersa attraverso il serramento) in un periodo temporale ipotizzato pari a **30 anni.** Sono state esplicitamente trascurate le attività inerenti la messa in opera del manufatto, ritenendo comunque tale assunzione in linea con gli obiettivi dello studio.

Nei calcoli degli impatti inerenti la fase d'uso**, il parametro principale considerato è la trasmittanza termica U_W** dei serramenti, dalla quale dipendono sostanzialmente la dispersione di calore attraverso di essi, in ultima analisi, i consumi energetici. Come sarà precisato nelle conclusioni, i risultati della fase d'uso possono pertanto variare in funzione di tale indice di performance.

Unicamente nel caso degli infissi in legno, sono state ipotizzate operazioni di manutenzione ordinaria intense come riverniciature della superficie interna ed esterna dell'infisso ogni 5 anni, con impregnante all'acqua.

Per valutare le dispersioni termiche nella fase d'uso dell'infisso, è stato realizzato un modello di calcolo semplificato basato sulle seguenti principali assunzioni:

- l'energia dispersa attraverso l'infisso durante la stagione invernale è fornita all'ambiente attraverso un generatore di calore a metano
- il rendimento globale medio stagionale dell'impianto sia pari al 90%.

Il metodo utilizzato prevede le seguenti fasi:

- calcolo del flusso di potenza termica dispersa(espressa in W);
- calcolo dell'energia annua persa (espressa in MJ).

I calcoli sono stati eseguiti prendendo come riferimento una località della fascia climatica D (rif. DPR. n°412 del 26108193).

Riassumendo, la stima del calore disperso è stata effettuata utilizzando come modello un'unità d'infisso (**"unità funzionale**") formata da un'unica anta di 120 x 150 cm pari a 1,8 m^2 di superficie, 30 anni di vita utile e con le seguenti caratteristiche tecniche:

CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'UNITÀ FUNZIONALE	Trasmittanza termica Uw = ($W/m^2 . K$)
LEGNO	1,5
PVC	1,4
ALLUMINIO - primario	1,9
ALLUMINIO - medio (50% R)	1,9

Il fine vita dell'infisso

In questa parte sono descritte le considerazioni sul **fine vita degli infissi** oggetto dello studio precisando che, in generale, la gestione del fine vita di un manufatto prevede tre possibili alternative:

- il recupero energetico,
- il recupero di materia,
- lo smaltimento in discarica.

Il modello analizzato nello studio ipotizza che le parti componenti gli infissi vengano a fine vita destinate al recupero di materia**,** distinguendo le possibili modalità di riciclo in:

- *aperto,* ove il materiale rientra in circolo in un processo diverso da quello originario;
- *chiuso,* ove il materiale rientra in circolo nel medesimo processo, sostituendo materiali vergini.

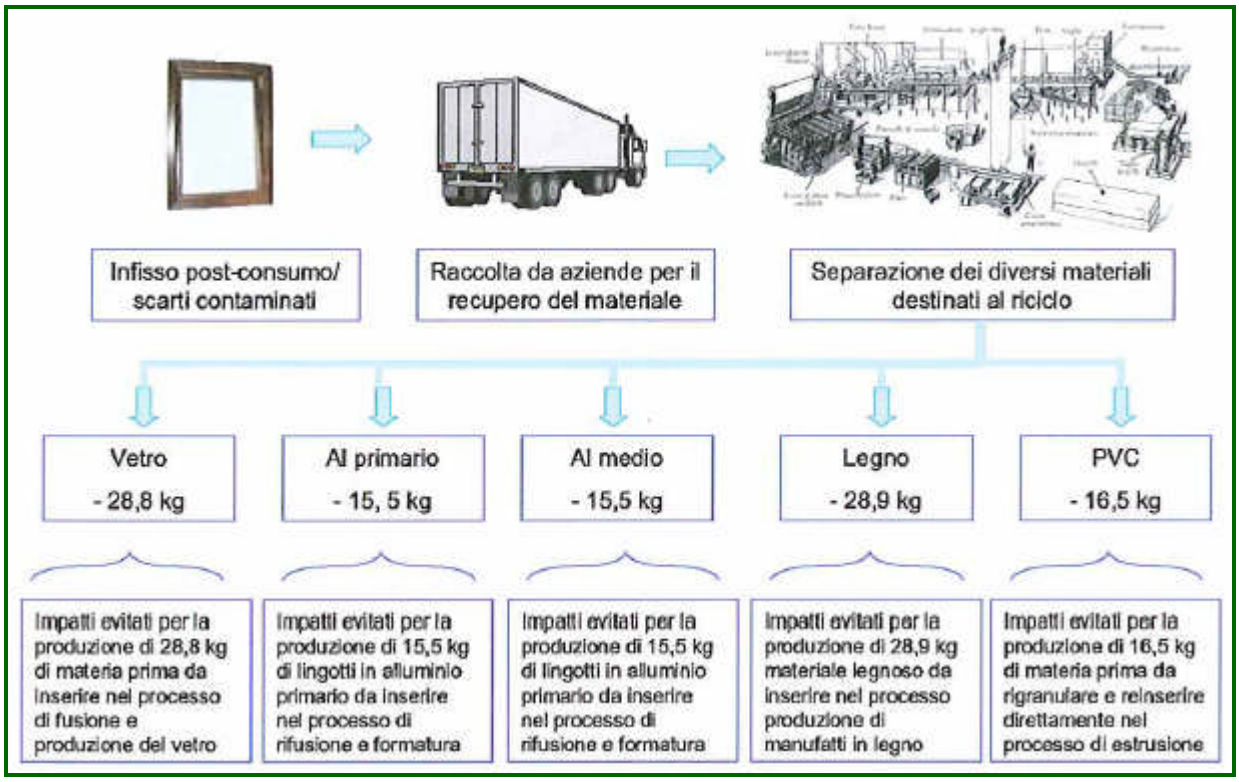
Nella **tabella successiva** per ciascuna parte di cui sono costituiti gli infissi, è stato dettagliato lo scenario di fine vita ipotizzato ai fini dello studio.

	Infissi in legno	Infissi in PVC	Infissi in alluminio taglio termico
PARTE TRASPARENTE	Riciclo di tipo *APERTO:* riutilizzo come materia prima secondaria per la realizzazione di manufatti in vetro riciclato.		
PARTE OPACA	Riciclo di tipo *APERTO:* riutilizzo del legno come materia prima secondaria per la produzione di manufatti in compensato.	Riciclo di tipo *APERTO*: PVC ricondizionato per l'utilizzo in altri settori (ad esempio la produzione di canaline, ecc.)	Riciclo di tipo *CHIUSO*: re-immissione dell'alluminio nel ciclo primario, anche per la produzione di nuovi infissi.
PARTI ACCESSORIE	Riciclo di tipo *APERTO*: i materiali dismessi (guarnizioni, ferramenta, rinforzi) possono essere raccolti e riutilizzati in altri settori.		

L'approccio segue la metodologia degli impatti evitati: sono stati cioè considerati quegli impatti non creati ma associati alla produzione della materia prima utilizzata per la funzione specifica, secondo le ipotesi sintetizzate nella **seguente tabella e dettagliate poi nello schema successivo**.

	Legno	PVC	Alluminio	Vetro
IMPATTI EVITATI	Raccolta, trasporto, lavorazioni del legno vergine.	Produzione di PVC vergine.	Produzione delle materie prime per il processo produttivo dell'alluminio vergine	Produzione delle materie prime per il processo produttivo di manufatti in vetro

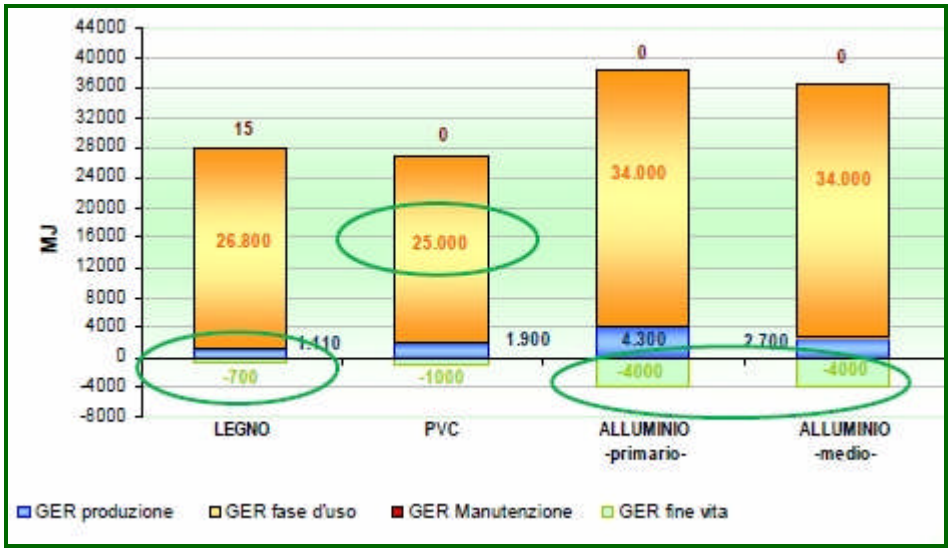
Dettaglio degli impatti ambientali evitati



I risultati della LCA inerente agli infissi

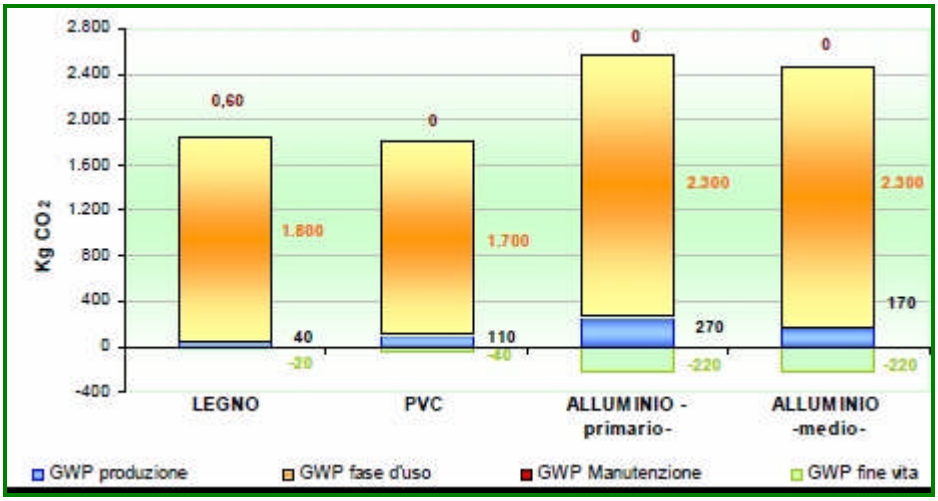
I risultati, evidenziati dalle **tabelle 1, 2 e 3**, **mostrano l'ottimo comportamento del PVC sia in termini di GER che di GWP** (Tabelle 1 e 3) e un valore di Kg di CO_2 equivalente sensibilmente migliore per legno e PVC rispetto all'alluminio (Tabella 2).

Tabella 1



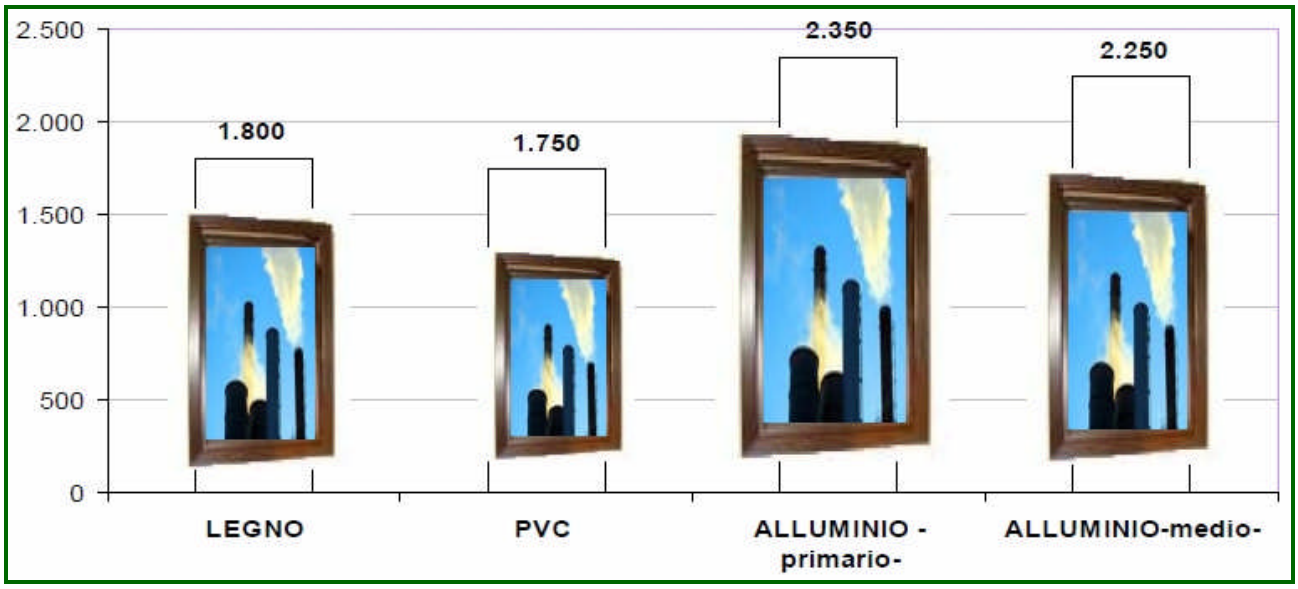
La tabella riassume il fabbisogno energetico (GER) delle tre fasi considerate (produttiva, d'uso e di fine vita) di una precisa "unità funzionale" espressa in megajoule MJ (il joule J misura il lavoro richiesto per esercitare una forza 1 MJ = 10^6 J). Il GER dell'unità funzionale in PVC è risultato il minore dei quattro.

Tabella 2



La tabella esprime il contributo di ciascuna fase al GWP (espresso in Kg di CO_2 per unità funzionale). Anche in questo caso i valori inerenti al PVC sono i più bassi.

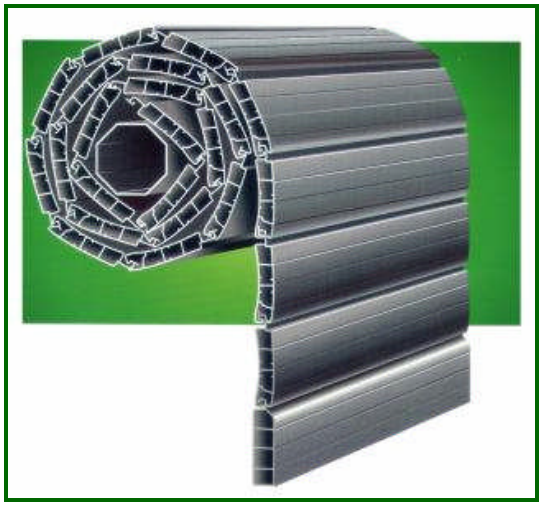
Tabella 3



La tabella confronta il GWP complessivo dei 4 serramenti esaminati nelle tre fasi espresso in Kg di CO_2 per unità funzionale.

Nell'ultima tabella relativa agli infissi sono evidenziati il GER e il GWP associati all'interno ciclo di vita, normalizzati rispetto ad un'unità di infisso di dimensioni pari a 120x150cm, vetro camera 4/15/4 basso emissivo con Argon.

Tipologia di infisso	GER (MJ/unità infisso)	GWP (kg CO_2- eq./unità infisso)
Legno	27.200	1.800
PVC	25.900	1.750
Alluminio primario	34.300	2.350
Alluminio secondario (50% da secondario)	32.700	2.250



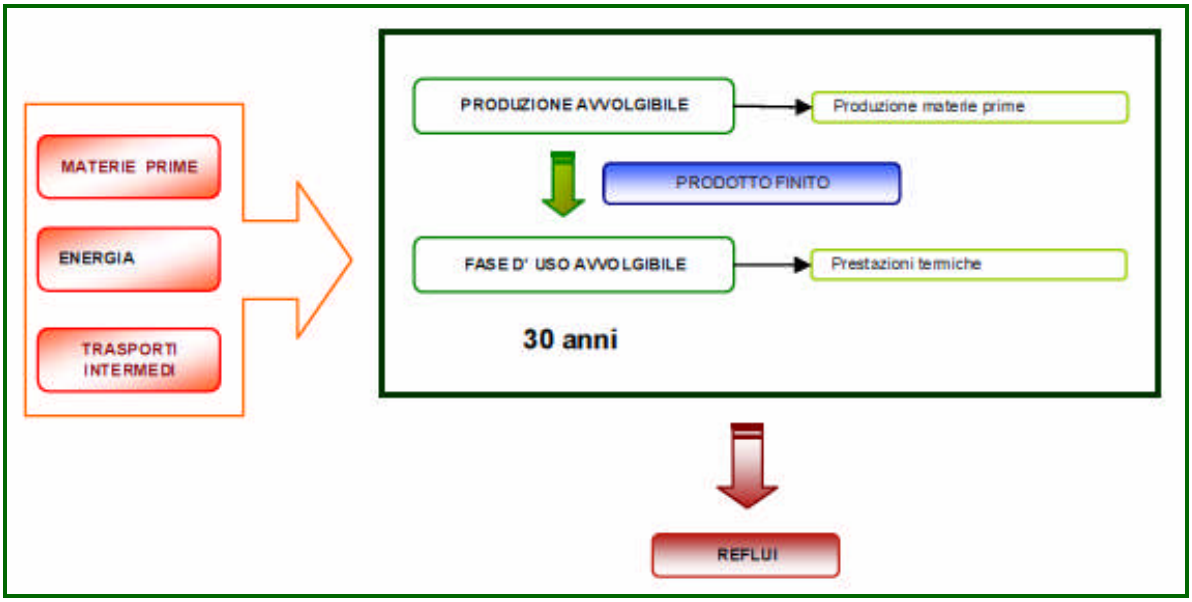
Analisi del ciclo di vita degli avvolgibili in PVC

Per quanto riguarda le tapparelle avvolgibili, "l'unità funzionale" è stata scelta in base alla dimensione ottimale da abbinare al campione di infisso considerato, ossia un avvolgibile di 125 x 165 cm, sempre per 30 anni di vita utile.

Le tapparelle avvolgibili confrontate sono state:

1. **in PVC autoaggancianti del peso 9 Kg**
2. **in alluminio (6Kg.) dotate di coibentazione in poliuretano del peso di 3 Kg.**

Passiamo ad esaminare le metodologie e i risultati dello studio LCA inerente agli avvolgibili in PVC sulla base del seguente schema:



Fase d'uso dell'avvolgibile

Come per i serramenti, anche per la fase d'uso degli avvolgibili è necessario determinare il flusso di calore disperso attraverso un'unità funzionale di prodotto

Useremo a tal proposito **la Norma UNI EN ISO 10077-1 "Thermal performance of windows: doors and shutters – Calculation of thermal trasmittance"** che consente il calcolo del valore della trasmittanza termica del sistema " infisso+schermo" quando gli schermi sono chiusi (Uws) attraverso la formula:

$$U_{ws} = \frac{1}{1/U_w + \Delta R}$$

(**U_{ws}** indica la trasmittanza termica dell'infisso con schermi chiusi; **U_w** indica la trasmittanza termica dell'infisso; **ΔR** indica la resistenza termica dello schermo)

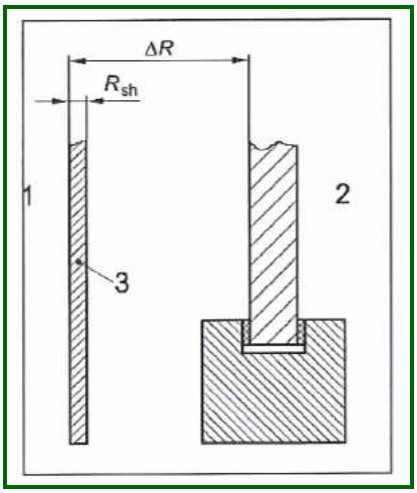
Calcolo della trasmittanza termica del sistema infisso+schermo

Infissi	PVC	Alluminio
Resistenza termica addizionale (UNI EN ISO 10077-1)	ΔR = 0,22 m29QIN	ΔR = 0,15 m2%JW

La trasmittanza termica U complessiva del sistema "infisso + schermo" (U totale) dipende dal numero di ore al giorno in cui lo schermo è chiuso. Per il calcolo della U totale, ossia della trasmittanza termica con schermi chiusi per n ore, si è utilizzato la seguente relazione:

$$U = \frac{U_w \cdot (24 - n) + U_{ws} \cdot n}{24}$$

(**U** indica la trasmittanza termica totale del sistema "infisso + schermo" con schermi chiusi per n ore; **n** indica il numero di ore al giorno in cui lo schermo è chiuso)



Dettaglio del sistema "infisso+ schermo" (avvolgibile): 1.esterno 2.interno 3. schermo

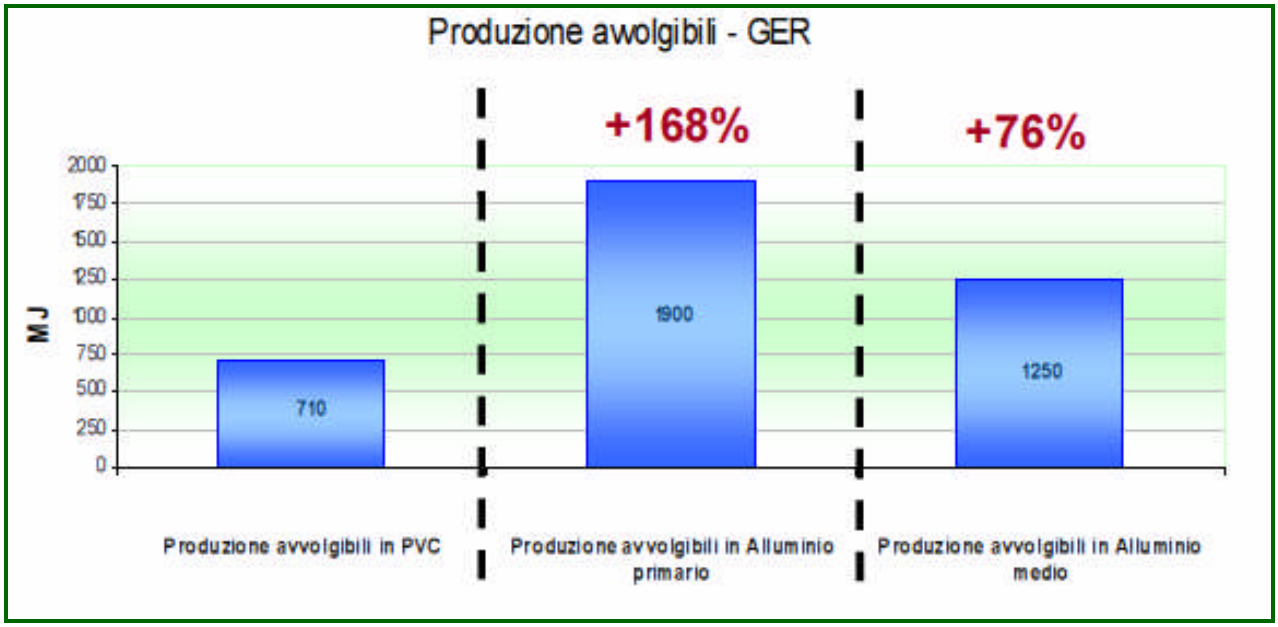
La successiva tabella riporta quindi i valori di U totale, ossia della trasmittanza termica U complessiva del sistema "infisso + schermo" quando la tapparella avvolgibile è chiusa per 12 ore/giorno, utilizzati nell'analisi.

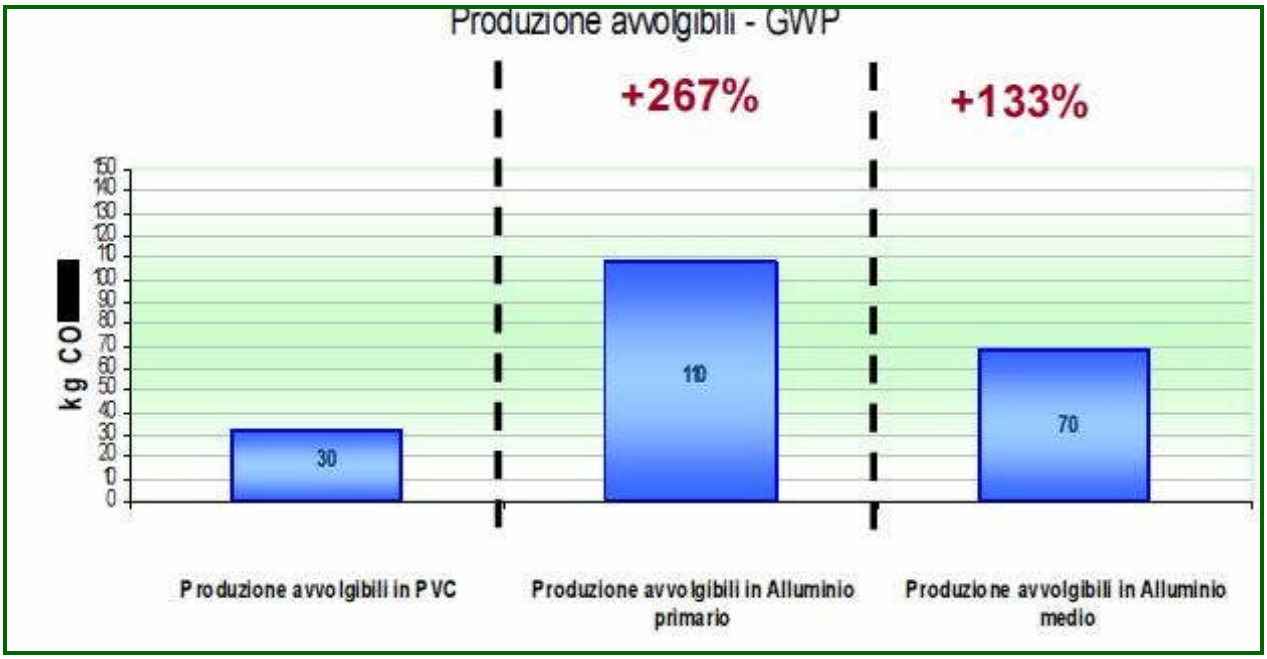
Valori della trasmittanza termica U dei serramenti campione con tapparella chiusa per 12 ore/giorno

Infissi	Legno	PVC	Alluminio
Tapparella in PVC	*U = 1,31 (W/m²·K)*	*U = 1,24 (W/m²·K)*	*U = 1,62 (W/m²·K)*
Tapparella in alluminio coibentata con PU	*U = 1,36 (W/m²·K)*	*U = 1,28 (W/m²·K)*	*U = 1,69 (W/m²·K)*

I risultati della fase produttiva degli avvolgibili

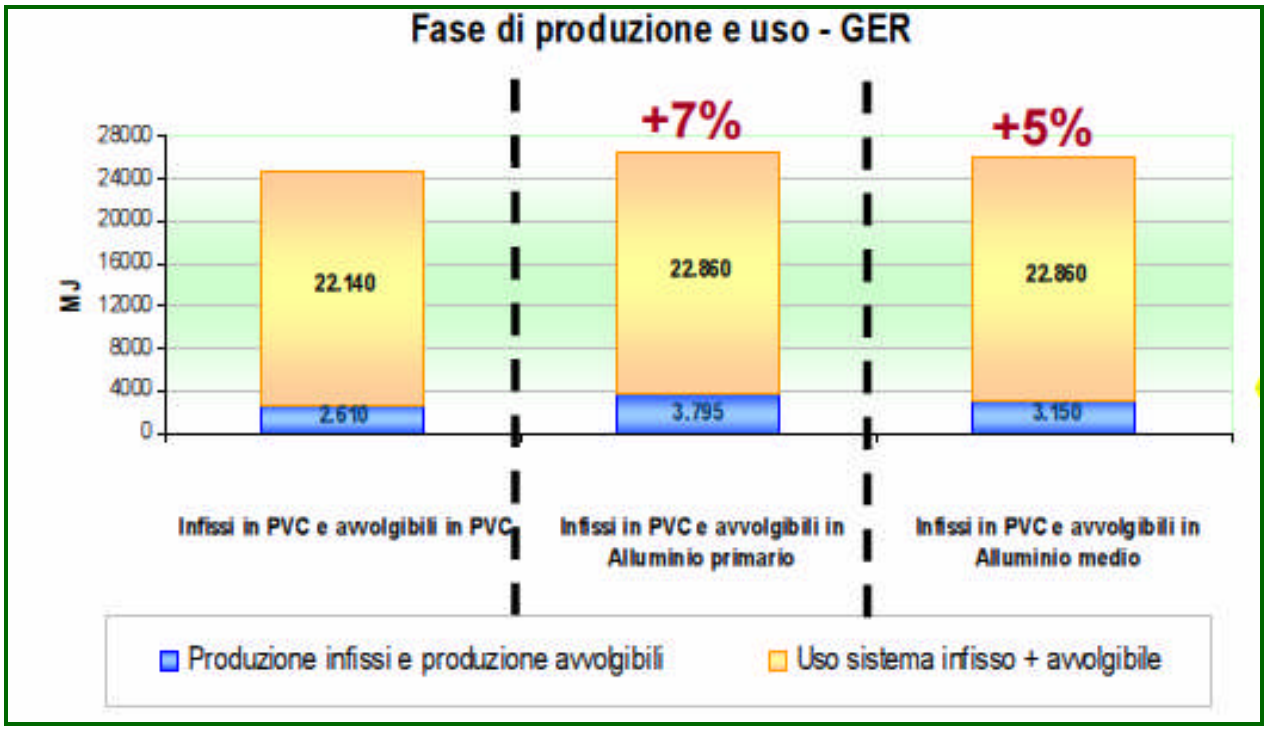
Anche in questo caso - come mostrano le successive due tabelle - il PVC ha ottenuto risultati lusinghieri in termini di GER e GWP relativi alle fasi di produzione e di uso.

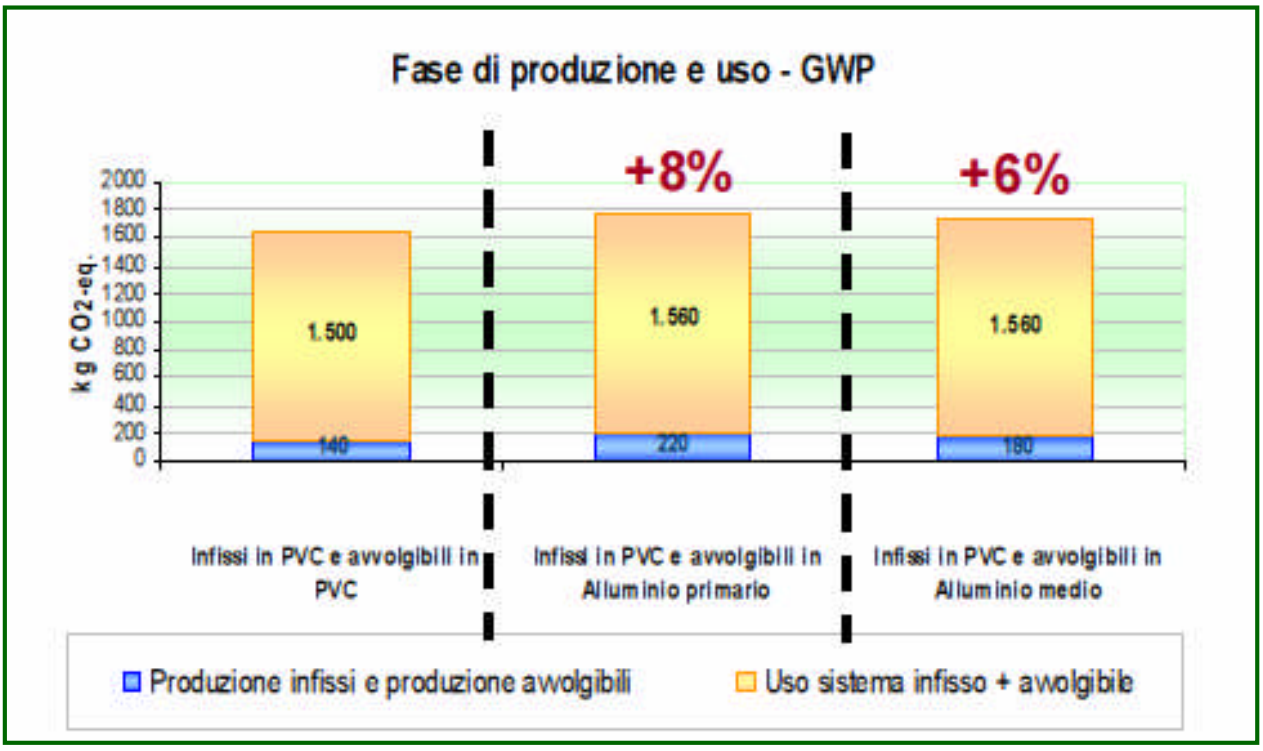




I risultati del sistema "infissi+avvolgibili" (fasi di produzione e d'uso)

Sommando i valori inerenti la produzione e l'uso sia dei serramenti sia degli avvolgibili, si ottengono i seguenti risultati a livello di GER e di GWP:





Dallo studio LCA realizzato da Life Cycle Engineering si evince che i serramenti e gli avvolgibili in PVC sono "prodotti sostenibili" che, alle loro elevate prestazioni, associano un basso impatto ambientale.

La trasmittanza termica dei serramenti in PVC

Ogni elemento che compone il serramento contribuisce alla prestazione del sistema in termini di trasmittanza termica, ovvero di quantità di calore trasmesso per metro quadro. Oltre al vetro quindi anche il profilo, che incide in termini di superficie esposta fino al 30% del totale, contribuisce significativamente alla prestazione del serramento finito in termini di isolamento e questo apporto dipende soprattutto dal materiale strutturale col quale esso è prodotto.

Tra i profili utilizzabili è proprio quello in PVC che, essendo costituito da un materiale a bassa conduttività termica e realizzabile a camere chiuse poste in serie, risulta particolarmente adatto ad ottenere i migliori valori di trasmittanza termica.

Prove effettuate su manufatti hanno dimostrato che il serramento in PVC presenta valori di trasmittanza termica anche inferiori a Uw = 1 W/ (m^2K), garantendo così al progettista il rispetto di quanto richiesto dalle normative sul risparmio energetico con ampio margine. Naturalmente l'efficienza del serramento dipende anche da una corretta posa in opera.

Per questo la professionalità dell'installatore gioca un ruolo di primo piano nell'assicurare l'effettiva resa energetica del serramento. A tal proposito il **Centro di Informazione sul PVC** ha costituito una **Scuola di Posa in Opera** per l'installazione di serramenti interni ed esterni e di sistemi oscuranti esterni in PVC, per far sì che la professionalità e l'abilità dell'installatore possano diventare garanzia reale dell'efficienza energetica del manufatto di PVC installato.

Fino ad oggi oltre 100 installatori hanno aderito ai corsi organizzati dalla Scuola ottenendo uno specifico "patentino" attestante partecipazione e apprendimento.

Come avviene per l'efficienza energetica degli edifici o degli elettrodomestici, potrebbe essere definita una classificazione anche per i serramenti esterni calcolata in base al valore di trasmittanza termica. A titolo di esempio potrebbe essere ipotizzata una suddivisione in 4 classi A, B, C, D in cui la trasmittanza Uw sia minore o uguale rispettivamente a 1, 2, 3, 5. Oggi si stima che in Europa su 82 milioni di unità finestra, circa il 50% siano di Classe D.

Se in Europa i serramenti a basso isolamento venissero sostituiti con quelli in PVC di classe A si potrebbe ottenere in media un risparmio di 19.680 milioni di KWh/anno e di 4,26 mega tonnellate di CO_2.

Il Gruppo Serramenti e Avvolgibili (GSA)

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

- accrescere costantemente la cultura della **sostenibilità** e della **qualità** nella produzione di serramenti e avvolgibili in PVC, con particolare riferimento ai temi del risparmio e della certificazione energetica
- promuovere comportamenti e best practices nella produzione di serramenti in PVC per rendere il prodotto sempre più sostenibile in termini di **sicurezza** per il consumatore finale e di **eco-compatibilità**
- promuovere correttamente i serramenti in PVC di qualità, ponendosi come **punto di riferimento qualificato** per gli operatori del settore, i media, la comunità tecnico-scientifica e le istituzioni
- organizzare e promuovere **formazione** e **informazione** rivolte ad un'audience attenta e professionale legata sia al mondo produttivo sia a quello progettuale e fornire materiale di documentazione tecnico-scientifica.

Al **GSA** aderiscono una cinquantina d'aziende le cui ragioni sociali sono rintracciabili sul sito **www.sipvc.org.** Sono per la maggior parte produttori di serramenti e avvolgibili, ma tra essi vi sono anche imprese produttrici di profili e sistemi in PVC per infissi, porte e avvolgibili. A tutte queste aziende è offerta la possibilità di utilizzare due marchi che forniscono garanzie di qualità e di sostenibilità dei loro prodotti. I marchi sono:

per i serramenti

per gli avvolgibili

PVC Forum Italia - Centro di Informazione sul PVC

È l'associazione italiana che riunisce le principali aziende di produzione, compoundazione e trasformazione del PVC, i produttori di additivi e di macchine trasformatrici. Costituita nel 1996 con l'obiettivo di promuovere la conoscenza del PVC e dei suoi vantaggi applicativi e ambientali, Il Centro conta oltre cento soci e fa parte del Network europeo dei PVC forum collegati a **ECVM** (**E**uropean **C**ouncil of **V**inyl **M**anufacturers) che a sua volta è una divisione dell'Associazione dei Produttori Europei di materie Plastiche denominata **Plastics*Europe***.

PVC FORUM ITALIA - CENTRO DI INFORMAZIONE SUL PVC
Via M. Colonna, 46 - 20149 Milano
Tel. 02/33604020 - Fax. 02/33604284 - E-mail: info@pvcforum.it
www.sipvc.org - www.pvcforum.it