


# Più pulito, più rapido, più economico Verso un sicuro e pulito ambiente di lavoro


## Rifletti. Lavora in sicurezza.

### Protezione personale durante l'applicazione di resina poliestere e gelcoat



- Tuta da lavoro di protezione con cappuccio
- Respiratore con maschera di protezione
- Guanti resistenti alle sostanze chimiche
- Calzature di sicurezza

### Protezione personale durante il taglio o la sabbatura di laminato indurito



- Guanti con protezione antitaglio
- Respiratore con maschera di protezione
- Tuta da lavoro di protezione con cappuccio
- Calzature di sicurezza

### Mantieni sicura e pulita l'area di lavoro

- Paraorecchie e tappi per le orecchie ove necessario
- Elmetto di protezione ove necessario
- Occhiali di sicurezza ove necessario
- Maschera antipolvere ove necessario
- Ventilazione locale ove possibile
- Mantieni pulita l'area di lavoro
- Richiudi i tappi
- Lavati le mani dopo il lavoro

The European UP/VE Resin Association

## Introduzione

Quando si usano resine poliesteri insature per la produzione di parti in composito, queste resine contengono stirene come principale monomero. Lo stirolo è classificato come una sostanza pericolosa, quindi alcune raccomandazioni devono essere seguite. La esposizione occupazionale allo stirene è strettamente regolamentata in ogni paese. In molti Paesi la Concentrazione Massima Tollerata (MAC) o Valore Limite di Soglia (TLV) è stata definita come la massima concentrazione in atmosfera nell'ambiente di lavoro a cui un lavoratore può essere esposto, calcolata come una concentrazione media su 8 ore di lavoro.

La nuova regolamentazione REACH pone la responsabilità per lavorare in un ambiente sicuro a contatto con stirene nelle mani dei produttori di stirolo e dei loro utilizzatori finali. E' quindi importante per l'industria dei compositi adeguarsi alla nuova legislazione. A parte questo un ambiente di lavoro controllato porta ad una migliore qualità dei prodotti ed a maggiore competitività.

Questo documento offre una selezione di possibili misure che possono essere prese in un ambiente di lavoro per controllare l'esposizione dei lavoratori e migliorare l'ambiente di lavoro. Alcune misure anche portano a una minore emissione di stirolo per l'ambiente. La selezione è una raccolta di testi di Guide per la Sicurezza che può essere trovata a <http://www.upresins.org/safe-handling-guides>

## Come maneggiare resine poliesteri insature in modo sicuro

Per iniziare: conoscere e identificare i rischi. Leggere tutte le istruzioni di sicurezza scritte nella Scheda di Sicurezza e scenari di esposizione. In caso di dubbio chiedere al fornitore.

L'uso di resine poliesteri insaturi è associato con rischi specifici:

### Infiammabilità

Il punto di ignizione dello stirene è 32°C che classifica PI resine come liquidi infiammabili. Quindi tenere essi lontani da fiamme e altre possibili fonti di ignizione. Estintori devono essere disponibili e installazioni elettriche a prova di esplosione sono anche richieste quando la resina è immagazzinata e usata. Assicurarsi che gli operatori siano istruiti regolarmente nell'uso di dispositivi antincendio.

### Elettricità statica

L'elettricità statica può essere generata quando si usano materiali con bassa conducibilità elettrica. Resine PI e fibre di vetro appartengono a questa categoria. Assicurare la corretta ventilazione dove sono presenti liquidi infiammabili o gas ed evitare condizioni che possono causare scariche elettrostatiche.

### Esposizione occupazionale a stirolo e altri composti organici volatili

Oltre a MAC e TLV un limite di esposizione a breve (STEL) è fissato che dà l'esposizione massima in un periodo di 15 min. Generalmente il valore STEL è 2 o 3 volte il valore di MAC o TLV. L'esposizione allo stirolo deve essere minimizzata dove possibile da una corretta ventilazione del posto di lavoro.

## Uso sicuro dei materiali ausiliari

I materiali ausiliari come iperossidi organici, carichee fibre di vetro hanno diverse caratteristiche di sicurezza. Per un uso sicuro, consultare sempre le schede di sicurezza chiedere al fornitore.

### Perossidi organici (iniziatori di polimerizzazione)

I perossidi organici sono sensibili al calore e quindi termicamente instabili. Maneggiarli con cura. Rispettare la temperatura massima di stoccaggio e altre indicazioni di stoccaggio come riportato in SDS. Evitare ogni possibile contaminazione con polvere, ruggine e polveri metalliche. Tenere sempre i contenitori chiusi e seguire le regole di stoccaggio attentamente.

### Acceleratori e Promotori

Acceleratori e promotori come composti di cobalto, ammine terziarie etc. devono essere usati con cura. Ancora, consultare SDS per informazioni di sicurezza. Acceleratori e promotori possono reagire violentemente con perossidi organici, quindi tenere questi prodotti lontani dal contatto con perossidi organici.

### Solventi pulenti

L'acetone è comunemente usato negli ambienti di lavoro per la sue eccellenti proprietà pulenti. L'acetone è un solvente volatile e altamente infiammabile quindi esso pone un significativo rischio di incendio quando è maneggiato e stoccato. Il cloruro di metilene è classificato come possibile agente cancerogeno, quindi deve essere evitato.

Alternative all'acetone, come agenti pulenti base acqua o esteri dibasici poco volatili sono oggi disponibili. Quando possibile passare a queste moderne alternative per pulire.

### Cariche

La maggior parte delle cariche usate nell'industria dei compositi sono considerate materiali inerti e possono essere trattate come rifiuti inerti. Ma consultate sempre le SDS per ogni carica per ogni possibile restrizione.

### Fibre di vetro

Le fibre di vetro possono essere irritanti per la pelle quindi protezioni per la pelle e per la respirazione devono essere portate quando si usano fibre o tessuti di vetro.

### Polvere di compositi

Polvere di composito può essere generata durante le operazioni di foratura e taglio. La polvere può essere costituita da particelle di dimensioni inferiori ai 3 microns. Queste particelle molto sottili possono creare danni se inalate. Usare sempre attrezzature adatte a rimuovere le polveri.



## Esposizione occupazionale allo stirolo

Processo	Perdita di stirolo %
<b>Processi stampo aperto</b>	
Spruzzatura gelcoat	10-14
Spruzzatura resina non LSE	7-10
Gelcoat a pennello	6-8
Avvolgimento	5-7
Applicazione manuale resine non LSE	4-6
Spruzzatura resine LSE LSC	4-6
Spruzzatura topcoat	4-5
Topcoat pennello	3-4
Applicazione manuale resina LSE/LSC	3-4
Pulfrusione	1-3
Cemento artificiale	1-3
<b>Processi a stampo chiuso</b>	
Laminazione in continuo	1-2
Produzione SMC/BMC	1-2
Utilizzo SMC/BMC	1-2
Processi chiusi (RTM/RTM leggero/ Infusione)	<1

Quando si usano resine poliestere insature, i lavoratori sono esposti all'evaporazione di stirolo monomero. Il livello di esposizione accettato è stabilito nella maggior parte dei Paesi Europei dai massimi livelli di esposizione accettabili. Il livello di esposizione allo stirolo dipende molto dalla resina usata e dal tipo di processo.

Diverse tecniche applicative hanno un notevole effetto sulla quantità di stirolo che evapora dalla superficie della resina. Come guida la tabella indica la normale perdita di stirolo nei diversi processi.

E' importante che i livelli nei posti di lavoro siano regolarmente controllati. Una specifica guida informativa è disponibile tra le guide di sicurezza che descrive le attrezzature disponibili in commercio per misurare e monitorare le concentrazioni di stirolo.

## Mantenere bassi i livelli di esposizione

Ci sono molti modi per tenere bassi i livelli di esposizione. Alcuni dipendono dalla scelta corretta delle materie prime, alcuni dal processo o dall'attrezzatura usata, e alcuni dalla consapevolezza e attenzione del lavoratore.

### Processo più pulito

Una buona pulizia può avere un impatto maggiore nel tenere basso il livello di esposizione allo stirolo. Esso ha anche un impatto positivo sulla sicurezza ed i costi operativi. Usare resine LSE (resine a basse emissioni di stirolo) dove possibile ed usare sempre le resine con contenuto di stirolo inferiore.

### Evitare confezioni aperte di resine /gelcoat

Stoccaggi di resine e gelcoat devono sempre stare in un ambiente separato e ben ventilato. Evitare eccessi e colature durante spruzzatura / laminazione. Ogni perdita deve essere rimossa il prima possibile. Evitare contenitori di rifiuti aperti e assicurarsi che tutti i residui di laminazione e attrezzature sporche di resina vengano sempre messi in contenitori chiusi.

### Tenere basse le temperature nell'ambiente di lavoro

Una temperatura alta nell'ambiente di lavoro favorisce l'evaporazione di stirolo e quindi esposizione alle emissioni.

### Usare protezioni personali quando servono

Protezioni per la respirazione devono essere portati quando il livello di esposizione supera le concentrazioni massime consentite. Anche se l'esposizione allo stirolo avviene soprattutto per inalazione, il contatto eccessivo di resine sulla pelle deve essere evitato, il che significa portare sempre vestiti di protezione e guanti.

### Passare a processi a stampo chiuso dove possibile

Usare tecniche applicative che comportano resine non atomizzate, come rulli di impregnazione o usare moderni applicatori con sistemi airless. La spruzzatura robotizzata è possibile se i pezzi prodotti sono in numero elevato.

Dove lo stampo chiuso può essere introdotto conviene valutare l'investimento. Non solo le emissioni di stirolo saranno ridotte drasticamente ma il prodotto finito avrà maggiore consistenza nella qualità. Le tecniche a stampo chiuso includono RTM, iniezione (stampi maschio e femmina) o infusione ( un film flessibile costituisce lo stampo maschio).

## Resine a bassa emissione di stirolo e resine a basso contenuto di stirolo

Le resine LSE sono prodotte aggiungendo abbattitori di vapori nelle formulazioni delle resine. Questi additivi formano un film sopra la superficie della resina. Gli additivi LSE sono efficaci durante la fase statica del processo.

Un altro modo di ridurre le emissioni di stirolo da resine poliesteri insature è ridurre il contenuto di stirolo della resina. Resine a basso contenuto di stirolo ne sono il risultato.

Ridurre le emissioni di stirolo riducendo il contenuto di stirolo è molto efficace nella fase dinamica del processo di laminazione. Se abbattitori di emissioni sono aggiunti a una resina LSC un'ulteriore diminuzione delle emissioni di stirolo può essere ottenuta. Per la loro composizione chimica le resine a base di DCPD (diciclopentadiene) hanno un più basso contenuto di stirolo.

Le resine LSE e LSC hanno un maggiore effetto sulle emissioni di stirolo. Esse possono ridurre le emissioni totali del 30% -50% a seconda del processo di applicazione usato. La combinazione di entrambe le tecnologie LSC e LSE può ridurre le emissioni ulteriormente del 10-20%.

## Ventilazione del posto di lavoro

Un ben studiato e pulito posto di lavoro contribuisce a migliore qualità minori costi ed un migliore ambiente di lavoro. In particolare porre attenzione ai seguenti aspetti:

**Tenere il posto di lavoro chiuso. Un ben progettato sistema di ventilazione sarà efficiente quando i flussi di aria non sono disturbati da finestre o porte aperte. Aprire le porte in estate per ridurre la temperatura spesso comporta una maggiore esposizione allo stirolo.**

Quando si lavora con resine poliesteri la massa del vapore di stirolo si genera vicino al posto di lavorazione. Essa deve essere rimossa dall'aria il più possibile vicino alla sua sorgente. Questo permette la più efficace ventilazione del posto di lavoro e significa che il vapore di stirene può essere rimosso a concentrazioni relativamente alte con lo spostamento di un volume d'aria contenuto. Se si permette al vapore di stirolo di disperdersi nell'ambiente di lavoro la ventilazione richiesta per rimuovere lo stirolo diventa molto più alta.

### Ventilazione generale dell'ambiente di lavoro

Utilizzando una ventilazione generale dell'ambiente di lavoro (anche chiamata diluizione ventilazione) il volume totale di aria del posto di lavoro è sostituito alcune volte per ora. Questo principio di ventilazione è abbastanza semplice e dà un grande grado di flessibilità nella movimentazione di materiali e prodotti nell'ambiente di lavoro. La ventilazione generale dell'ambiente di lavoro non è sempre sufficiente specialmente per grandi manufatti come barche e serbatoi.

### Ventilazione locale

Un modo di ventilazione più efficiente che la ventilazione generale è la ventilazione locale. Il vapore di stirolo è rimosso tramite cappe di ventilazione installate il più possibile vicino al posto dove si genera lo stirolo.

### Ventilazione zonale

La ventilazione zonale combina la ventilazione generale con la ventilazione locale. In questo caso una parte dell'ambiente di lavoro o compartimento è ventilato in modo tale che lo stirolo è rimosso prima di disperdersi nell'aria di tutto il posto di lavoro.

Le cabine di spruzzatura sono un buon esempio di ventilazione zonale. Una cabina di spruzzatura è un compartimento più o meno separato dal resto dell'ambiente di lavoro. Il flusso di aria può essere meglio controllato e meno aria è necessaria per rimuovere il vapore di stirolo.

## Tecniche di abbattimento dello stiolo

La più efficace tecnica di abbattimento dello stiolo consiste nel prevenire la sua perdita nell'ambiente di lavoro e successivamente in atmosfera. L'utilizzo di LSE e LVC resine aiuterà in questo caso nelle applicazioni a stampo aperto. Ciò riduce il livello di VOC emessi rispetto a resine convenzionali. Anche più efficace è l'uso di tecniche a stampo chiuso, come infusione, RTM stampatura a caldo e a freddo.

Quando le emissioni di stiolo devono essere controllate esistono varie tecniche di abbattimento.

### Incenerimento

L'incenerimento ad alta temperatura o l'incenerimento catalitico (ad una temperatura inferiore) ha un'alta efficienza con circa il 99% di energia riciclata. Per essere economicamente conveniente il processo deve usare solo l'inquinante come combustibile e non richiedere altro combustibile (eccetto per l'accensione durante brevi soste). Gli ossidanti catalitici hanno il vantaggio di più basse temperature di lavoro e più efficiente abbattimento che gli ossidanti termici e quindi più bassi costi di esercizio. Tuttavia il costo del catalizzatore solitamente comporta maggiore investimento. Sistemi mini catalitici possono essere usati quando i flussi d'aria sono bassi o le emissioni intermittenti.

### Ossidatori termici diretti

Ossidatori termici rigenerabili offrono buona efficienza di abbattimento (96-98%) con il 90% di recupero del calore usando letti ceramici o ghiaia. Essi possono operare auto-termicamente senza usare altri solventi con circa 1 g/m<sup>3</sup> di recupero di solvente. A concentrazioni in ingresso inferiori a questo livello altre sorgenti di energia come gas naturale o elettricità sono richieste per tenere l'ossidante in temperatura.

### Sistemi di bio-filtrazione

La bio-filtrazione è la ossidazione batterica di materiale organico e comporta la conversione di materiale organico, come incenerimento, in vapori a base di carbonio e vapore acqueo. I bio-filtri sono efficaci a rimuovere basse concentrazioni di vapori di solvente ma hanno meno efficienza di distruzione e controllo di processo. Alcuni solventi sono facilmente distrutti dai microorganismi nei filtri ma molecole più grandi, come lo stiolo, hanno bisogno di tempi di residenza più lunghi e sistemi più grandi con maggiore superficie.

### Adsorbimento ed assorbimento su intermedi sacrificali

Queste due tecnologie sono simili con l'eccezione dei materiali e entrambi hanno simili svantaggi. L'adsorbimento solitamente avviene su filtri di carbonio mentre l'assorbimento è in un liquido. Quando i materiali sono saturi di solventi vengono rimossi e inviati a rigenerazione o scarto.

### Sistemi di concentrazione

I sistemi di concentrazione sono probabilmente la migliore tecnica per l'abbattimento di VOC bassi come le emissioni tipiche dell'industria del GRP. Ci sono due tipi di sistemi di concentrazione ruote rotanti e letti fluidificati. Entrambi rimuovono i vapori di solvente dall'aria entrante tramite adsorbenti su zeoliti o adsorbenti polimerici e liberano essi in un flusso di vapori caldi che sono una frazione del livello del flusso originale.



**The European UP/VE Resin Association**  
(a Cefic Sector Group)  
Avenue E. van Nieuwenhuysse 4,  
1160 Brussels, Belgium  
T +32 2 676 72 62  
F +32 2 676 74 47  
[www.upresins.org](http://www.upresins.org)



**European Composites Industry Association (EuCIA)**  
Diamant Building  
Bd A. Reyerslaan 80  
1030 Brussels, Belgium  
T. +32 2 706 89 06  
[www.euCIA.eu](http://www.euCIA.eu)

Questa pubblicazione è fornita solamente come guida e le informazioni sono fornite in buona fede ed al meglio delle informazioni oggi disponibili facendo riferimento al rischio dell'utilizzatore finale. Le informazioni contenute in questo documento sono fornite in buona fede e mentre sono accurate per quanto gli autori sono consapevoli nessuna protesta o garanzia può essere fatta riguardo la loro completezza e nessun obbligo sarà accettato per danni di ogni natura risultanti dall'uso o in relazione alle informazioni contenute nella pubblicazione.

Ultima versione aggiornata Jan 2017