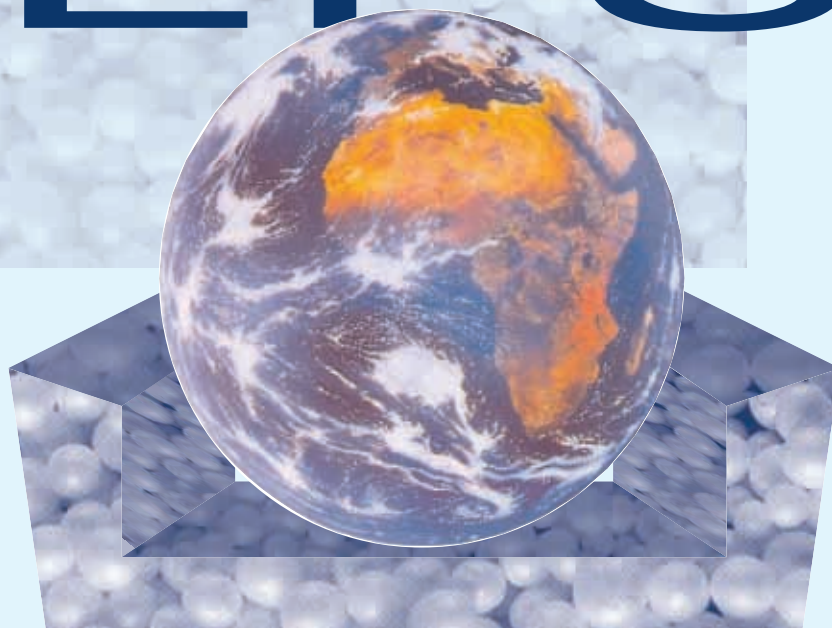


I LIBRI DI
AIPE

EPS



IL POLISTIRENE E L'IMPATTO AMBIENTALE

Polistirene Espanso Sinterizzato



BE-MA editrice

IL POLISTIRENE E L'IMPATTO AMBIENTALE

Polistirene Espanso Sinterizzato

serie: I libri di Aipe

1° titolo: Le condense interne e superficiali

2° titolo: Isolare le fondazioni con l'EPS

3° titolo: Sistemi innovativi in EPS

Coordinamento del libro:

Marco Piana

BE-MA editrice
via Teocrito, 50 - 20128 Milano
tel 02 2552451
fax 02 27000692

Grafica e impaginazione: Gabriella Ornaghi
Fotolito: AlfaGi -Bernareggio (LC)
Stampa e confezione: A.G. Bellavite - Missaglia (LC)

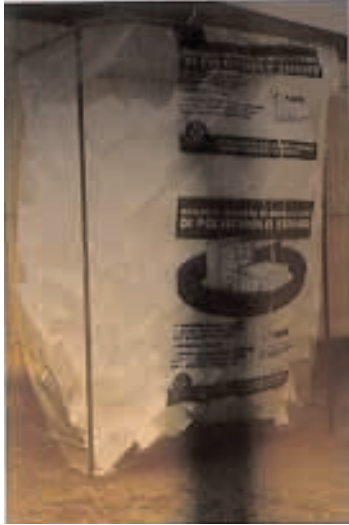
© **1998 BE-MA editrice - Milano**
BE-MA editrice - Milano

Tutti i diritti sono riservati, anche di riproduzione parziale,
a norma di legge e delle convenzioni internazionali.

ISBN 88-7143-201-0

Sommario

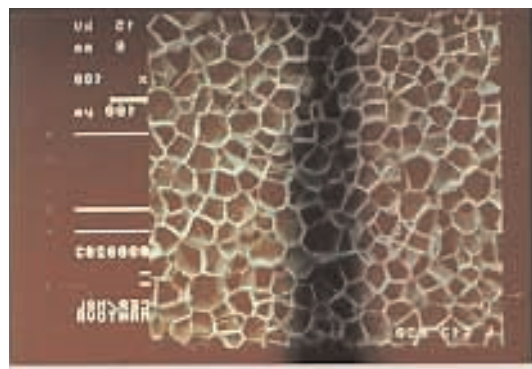
Premessa	7
La scoperta	9
La produzione	11
La trasformazione	17
Il riciclo	21
L'ambiente	35
Il fuoco	51
I fumi	61
La compatibilità alimentare	71
Il ciclo di vita del Polistirene Espanso	75
Le schede di sicurezza	79
L'AIPE	93
L'EUMEPS	94



Contenitori per il recupero degli imballi di EPS dopo il loro utilizzo.



Simbolo e sigla adottati a livello europeo per designare il materiale EPS ed il relativo riciclo.



Sezione di EPS ripresa al microscopio.

Premessa

L' impatto ambientale viene considerato l'effetto più importante per ogni tipo di materiale, componente o sistema.

La materia prima utilizzata, i consumi energetici creati durante la produzione e trasformazione, le fasi finali di utilizzo e di recupero, il riciclo conclusivo, investono in modo indiscriminato l'ambiente di vita.

L'utente finale è sempre più sensibile alle informazioni di tipo ecologico - ambientali, ma purtroppo con una sensazione unanime: le informazioni ed i dati sono di difficile interpretazione.

Questo si trasforma in due tipologie di comportamento:

- il problema viene minimizzato e quindi non affrontato;
- il problema viene risolto con una suddivisione drastica:

prodotti naturali = ecologici

prodotti sintetici = non ecologici

Questo ultimo approccio viene naturalmente avallato anche da molte associazioni che per facilitare il compito e raggiungere un risultato finale certo non esitano a procedere con la suddivisione dei materiali sopra ricordata come metodo per riconoscere un materiale ecologico da un altro meno ecologico.

Purtroppo si deve constatare che ogni azione umana per "produrre" comporta un inquinamento ambientale a differenti livelli e dare le vere e giuste informazioni è molte volte difficoltoso se non impossibile.

Il presente volume vuole quindi essere un'esposizione corretta e più semplice possibile delle tematiche inerenti al polistirolo espanso sinterizzato e all'ambiente.

Questo inteso come ambiente sia interno sia esterno, con partenza dalle materie prime utilizzate per giungere alle modalità di riutilizzo del materiale dopo averlo utilizzato nelle diverse applicazioni più ricorrenti.



Esempi di imballi in EPS.



Deposito di blocchi in EPS.



Taglio di blocco in EPS.

La scoperta

Polistirene (PS)

Il polistirene è una resina termoplastica ottenuta per polimerizzazione dello stirene monomero ricavato, a sua volta, dalla sintesi dell'etilene e del benzene.

Il processo per la produzione dello stirene monomero era stato descritto oltre un secolo fa, nel 1869, da M. Berthelot; ma si può risalire addirittura al 1786 volendo trovare precedenti storici sulla preparazione di questa sostanza - sia pure partendo dallo storace, un balsamo vegetale.

Importanti passi avanti sulla via della produzione industriale del polistirene furono compiuti nel 1925 da Dufraisse e Mureau, nel 1922 dalla Naugatuck Chemical Co. e dalla I.G.Farben, nel 1930 dalla Dow Chemicals. Negli anni trenta la produzione di polistirene è ormai un fatto acquisito, tuttavia questa materia plastica incominciò ad avere un suo modesto mercato solo dopo il 1935.

Fu la guerra mondiale a dare una spinta decisiva all'industria dello stirene e del relativo polimero. Quando i giapponesi, nel 1942, occuparono la Malesia e le Indie olandesi, Stati Uniti e Gran Bretagna si trovarono improvvisamente tagliati fuori dall'approvvigionamento di gomma naturale. Il governo americano decise allora di varare un programma accelerato per la produzione di un elastomero sintetico a base di butadiene e stirene.

Questo elastomero, contraddistinto con la sigla GR-S (Government Rubber- Styrene), provvide un efficace sostituto della gomma naturale. Ma alla fine della guerra l'industria americana si trovò improvvisamente con una grande disponibilità di stirene monomero e non trovò di meglio che utilizzarlo per incrementare la produzione di polistirene a basso prezzo. Così, il costo conveniente, le proprietà della resina e la sua facile stampabilità furono le basi del successo di questa materia plastica che diventò rapidamente uno dei polimeri più diffusi.

Caratteristiche e proprietà

Si presenta allo stato naturale come un materiale trasparente, incolore, brillante ma può anche essere offerto traslucido, opaco o colorato. La forma è quella dei granuli con granulometria variabile a seconda degli impieghi. Duro e rigido alla percussione emette un suono di timbro quasi metallico, ha buone caratteristiche meccaniche anche a bassissime temperature, alta resistenza alla trazione, eccezionali proprietà dielettriche, inodore, non ingroscopico, ha un basso peso specifico, eccellente stampabilità, ottima stabilità dimensionale. Il polistirene ha una bassa conducibilità termica e per questo viene usato anche come isolante dal calore. Ha un alto indice di rifrazione alla luce e quindi i suoi manufatti sono molto brillanti e trasparenti. Dal punto di vista chimico resiste agli alcali, agli acidi diluiti, alle soluzioni saline e alla maggior parte dei composti organici, si scioglie però nei solventi aromatici e clorurati. Naturalmente, data la grande diffusione di questo polimero, esistono in commercio numerosi tipi di polistirene, a seconda degli usi: lubrificato per facilitarne la lavorazione, antielettrostatico, resistente alla luce, rinforzato con fibre di vetro, espandibile.

Tecnologie di lavorazione

Il polistirene si lavora per iniezione, per estrusione, per soffiaggio. Lo stampaggio a iniezione è quello che assorbe i maggiori quantitativi di resina; la temperatura di stampaggio varia da 220 a 270 °C.

Con la tecnologia dell'estrusione si fanno lastre, profilati, film, monofilamenti. I manufatti possono essere prodotti con qualsiasi colorazione nella massa, ma possono anche essere verniciati e decorati superficialmente o impressi a stampa.

Ottimi risultati si ottengono con la metallizzazione sotto vuoto.

Particolare importanza nel polistirene ha la tecnologia di espansione per ottenere semilavorati o manufatti a struttura cellulare usati come isolanti termoacustici e come imballaggi.

Impieghi

Impossibile descrivere tutti gli impieghi del polistirene: esso è ormai affermato in sostituzione del vetro, del legno, dell'alluminio, del cartone in numerosissime loro applicazioni.

Il settore principe del PS è quello dell'imballaggio dove esso offre trasparenza, brillantezza di tinte, assenza di odore e di sapore, rigidità.

Sotto forma espansa, esso offre una preziosa barriera di assorbimento degli urti e quindi trova innumerevoli impieghi per la protezione di manufatti e articoli di ogni genere negli imballaggi di spedizione e di presentazione. L'industria dei giocattoli fa largo uso di polistirene, per le sue doti di leggerezza, resistenza, economicità. Come tutte le poliolefine, anche il polistirene è entrato nella casa da dominatore: non c'è articolo casalingo che esso non possa offrire: vassoi, bicchieri, piatti, portafiori, spazzole, soprammobili, cornici, mobili, vaschette per verdure, accessori per frigoriferi, eccetera.

Con il polistirene oggi si producono film trattati chimicamente o meccanicamente che sostituiscono la carta di cellulosa in molte sue applicazioni. L'eccezionale potere isolante ha favorito le applicazioni nel campo elettrico: interruttori, elettrodomestici, frullini, lucidatrici, aspirapolvere, mobiletti per radio e giradischi, diffusori per illuminazione, plafoniere, eccetera.

La produzione

Il processo di produzione è rappresentato nelle due figure di seguito riportate.
In sintesi lo stirene monomero è prodotto facendo reagire l'etilene con il benzene per produrre l'etilbenzene. L'etilbenzene viene deidrogenato per ottenere lo stirene.
Il polistirene viene quindi ottenuto per polimerizzazione dello stirene.

figura 1: meccanismo schematico per la produzione del polistirene dallo stirene monomero

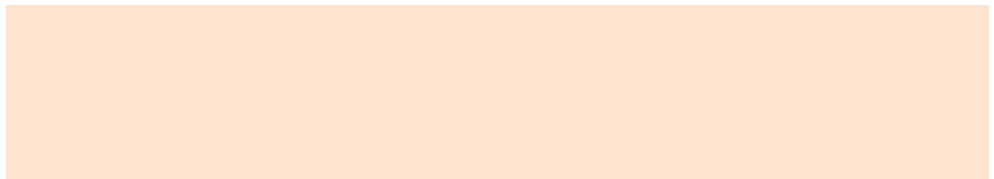
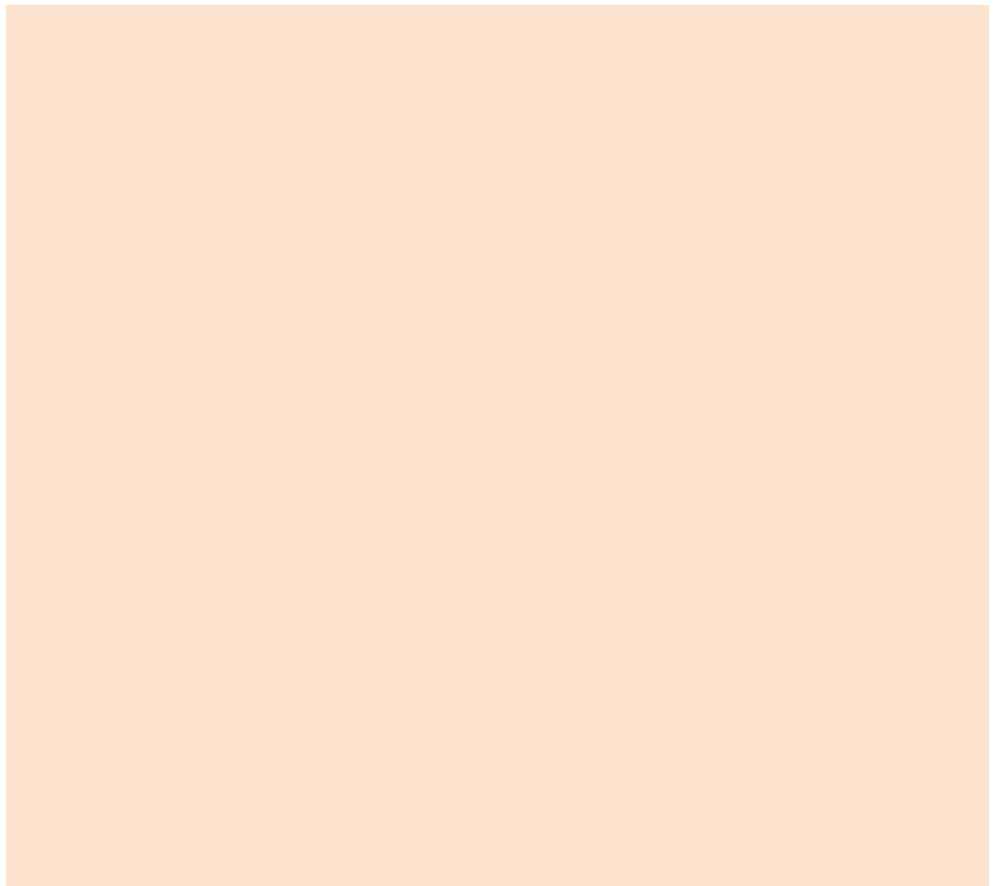


figura 2: principali operazioni nella produzione di polistirene



Resine sintetiche

Materie plastiche o resine sintetiche sono i materiali ad alto peso molecolare ottenuti per sintesi da composti organici a basso peso molecolare.

Il primo nome richiama le loro elevate caratteristiche di plasticità, il secondo deriva dall'analogia di comportamento con alcune sostanze naturali di origine vegetale, dette appunto resine, note da molto tempo (come la colofonia, la copale, ecc.), la maggior parte delle quali si ricava praticando delle incisioni nella corteccia di alcune piante; lo stesso caucciù naturale cola sotto forma di lattice dalla *Hevea Brasiliensis* e da altre piante esotiche.

Le proprietà fisiche di queste sostanze, naturali o sintetiche, derivano dal fatto che esse non sono costituite da molecole semplici quali gli ordinari composti chimici, ma da complessi molecolari molto più grandi, ossia da macromolecole.

Mentre le molecole delle sostanze a basso peso molecolare sono tenute insieme da forze di coesione (dette di Van der Waals molto basse, e hanno valori determinati delle costanti fisiche, quali, per esempio, il punto di fusione e il punto di ebollizione, le sostanze ad alto peso molecolare, a molecola lineare, presentano forze di coesione rinforzate in proporzione alla lunghezza delle molecole o, talvolta, sostituite da legami covalenti tra molecole adiacenti che influenzano profondamente le loro caratteristiche.

I polimeri a molecola lineare non presentano un punto di fusione netto, ma un punto di rammollimento, che dipende, almeno entro certi limiti, dal peso molecolare stesso e cresce con quest'ultimo.

In modo analogo sono influenzate dal peso molecolare altre caratteristiche fisiche, quali la densità, le proprietà meccaniche, la solubilità in alcuni solventi, ecc. che tendono a dei valori limite abbastanza ben definiti al crescere del peso molecolare.

Sono costituite da alti polimeri organici varie sostanze naturali di larghissimo impiego pratico, quali il caucciù già indicato, la cellulosa, il cuoio, ecc.

Gli alti polimeri organici sintetici, quali materiali di impiego pratico, sono in genere classificati in base al loro comportamento all'azione del calore, cui corrispondono diversi tipi di struttura molecolare. In base a questo criterio si possono distinguere le resine termoplastiche dalle resine termoindurenti.

Queste ultime, portate a temperature crescenti, dapprima rammolliscono, ma in seguito, ove il riscaldamento venga prolungato o si aggiungano sostanze o polimeri atti a provocare la formazione di frequenti legami trasversali di tipo covalente tra catene lineari adiacenti, si trasformano irreversibilmente in una massa reticolata piuttosto dura assumendo definitivamente la forma dello stampo.

Le resine termoplastiche, invece, che possono venire lavorate e formate per riscaldamento, induriscono nuovamente per raffreddamento, ma possono essere ancora formate mediante un nuovo riscaldamento un numero indefinito di volte; esse sono costituite da molecole lineari o ramificate o anche reticolate per quanto piuttosto debolmente.

Quando il numero e l'energia dei legami trasversali non sia sufficiente a impedire un forte scorrimento parziale reciproco tra le catene, recuperabile al cessare dello sforzo, ma sia nello stesso tempo sufficiente per opporsi a fenomeni irreversibili di scorrimento viscoso tra esse, il materiale termoplastico assume le caratteristiche di una gomma elastica di comportamento meccanico analogo a quello del caucciù naturale vulcanizzato.

Polistirene

È una resina termoplastica ottenuta per polimerizzazione dello stirene $C_6H_5-CH=CH_2$ e costituita dalla unità monomerica.

In generale, si cerca nei prodotti normali di non superare il peso molecolare di 100.000, perché oltre questo limite, mentre non migliorano le caratteristiche meccaniche, diventa più difficile la operazione di stampaggio (che si svolge tra i 220 e i 270 °C), a causa dell'aumento della viscosità del prodotto fuso.

Al fine di attenuare le difficoltà di questa operazione si aggiungono al polistirene delle sostanze lubrificanti, quali gli stearati di zinco o di magnesio in piccola quantità, applicati esternamente ai granuli o frammisti alla massa. Dal punto di vista delle proprietà meccaniche, il difetto più rilevante del polistirene è la sua bassa resilienza, dato che la sua temperatura di transizione vetro-sa è di + 80 °C circa. Ha per contro buone caratteristiche elettriche e buona resistenza agli agenti chimici.

Il polistirene per usi particolari può essere rinforzato con corte fibre di vetro, può essere reso autolubrificante con aggiunta di solfuro di molibdeno; usato per isolamento termoacustico o per imballaggi può essere fabbricato sotto forma espansa, applicando i metodi già accennati.

Viene impiegato in scala sempre più vasta in sostituzione di vetro, legno, alluminio e cartone.

La fabbricazione di scatolame, contenitori, tapparelle per finestre, giocattoli, oggetti vari di arredamento ed elettrodomestici sono le applicazioni più importanti.

Pure esteso è l'impiego del polistirene antiurto, cioè di polistirene dotato di notevole resilienza, più elevata di quella che può ottenersi per semplice plastificazione.

Questo risultato può essere ottenuto sia miscelando semplicemente il polimero con un altro prodotto dotato di proprietà elastiche, sia preparando dei copolimeri o dei terpolimeri di adatta struttura e composizione.

Il primo metodo ha portato all'introduzione in commercio di polistirene antiurto costituito da miscele di polistirene con copolimero butadiene-stirene, cioè con prodotti analoghi alla gomma sintetica buna S; le maggiori difficoltà di questa soluzione s'incontravano, però, nella confezione di miscele sufficientemente omogenee.

Sono stati, in seguito, messi a punto dei copolimeri a innesto, ottenuti sciogliendo il copolimero butadiene-stirene nello stirene monomero e sottoponendo la soluzione alla polimerizzazione; in queste condizioni il polistirene risulta innestato sul copolimero.

Questi ultimi tipi rivestono oggi il più grande interesse, perché di essi si possono variare a piacere le caratteristiche, che possono risultare in generale poco diverse da quelle del polistirene comune, eccettuata la resilienza che viene largamente innalzata; un poco inferiori possono risultare la temperatura di distorsione e le proprietà elettriche; anche per questi prodotti le applicazioni vanno dagli articoli casalinghi ai giocattoli, dagli elettrodomestici all'edilizia, col vantaggio che i manufatti risultano praticamente infrangibili.

Prodotti di analoghe caratteristiche, ma superiori da molteplici punti di vista, sono le cosiddette resine ABS, ottenute per miscelazione di un componente resinoso, costituito da copolimero stirene-acrilonitrile, e di un componente elastomerico costituito da un terpolimero butadiene-stirene-acrilonitrile, il quale è del tipo a innesto, in quanto viene preparato da polibutadiene già formato su cui si innesta, per ulteriore polimerizzazione, il copolimero stirene - acrilonitrile.

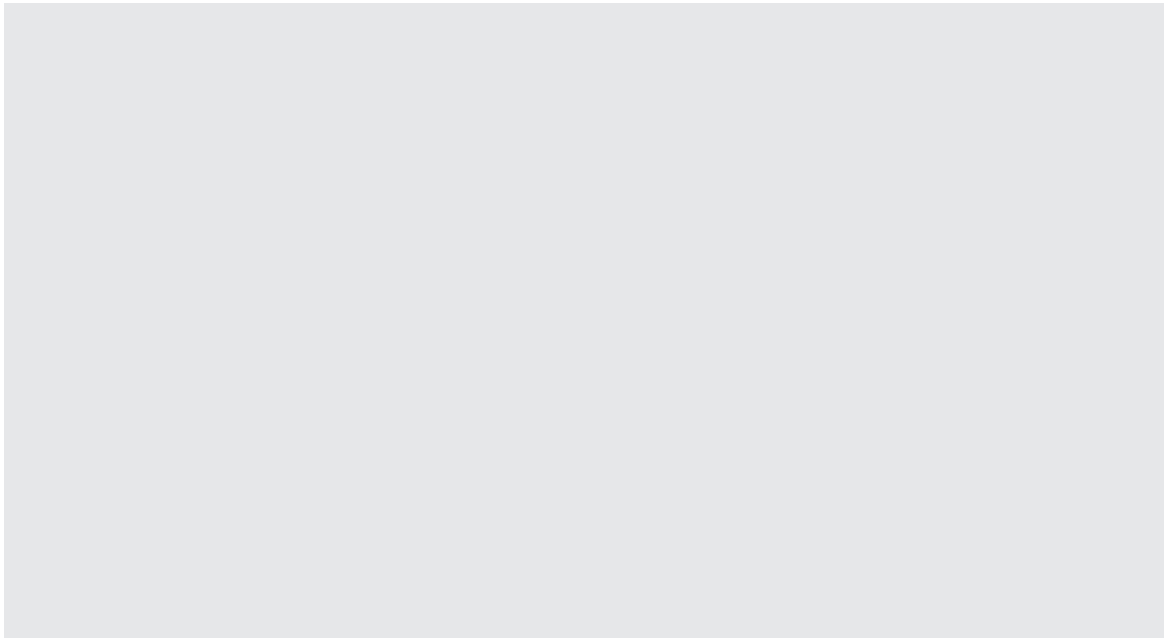
Si ottengono, così prodotti diversi a seconda del rapporto tra i due componenti, nei quali può variare con continuità la resilienza e la fluidità, e, inversamente, la resistenza meccanica.

Una delle caratteristiche più pregevoli delle resine ABS consiste nel fatto che le proprietà meccaniche possono rimanere molto soddisfacenti in vasti intervalli di temperatura.

Pure molto soddisfacenti sono le loro caratteristiche di resistenza all'acqua, alle soluzioni saline e alle soluzioni acide e basiche. Sono opache, di colore giallo avorio e possono quindi assumere qualsiasi tinta.

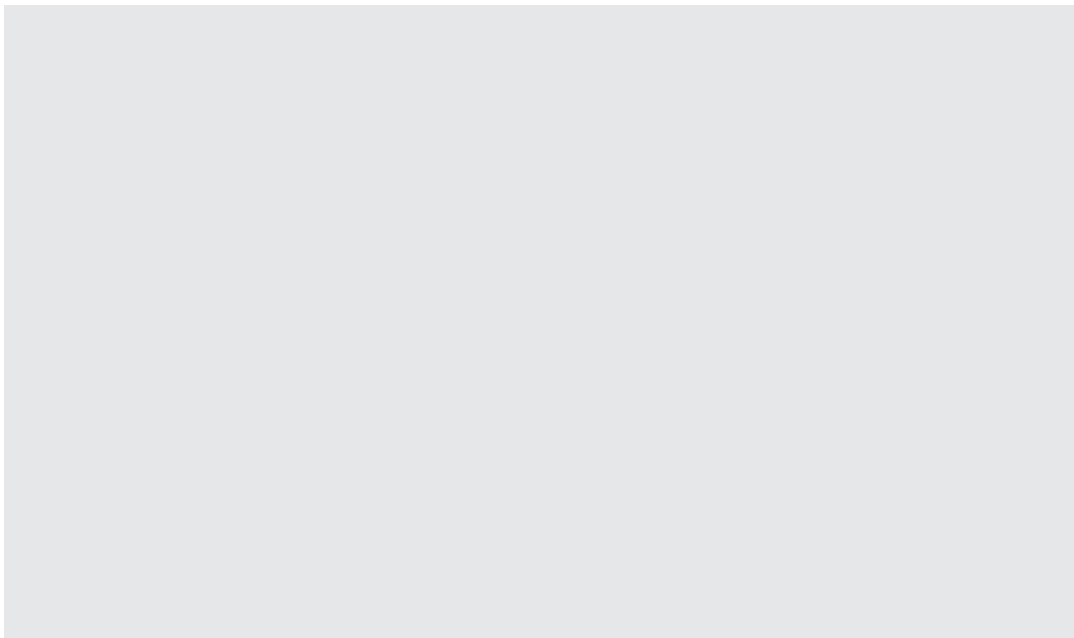
Le applicazioni sono analoghe, ma più estese, a quelle dei polistiroli antiurto.

Proprietà meccaniche di materie plastiche



() Dati medi corrispondenti ai vari tipi commerciali*

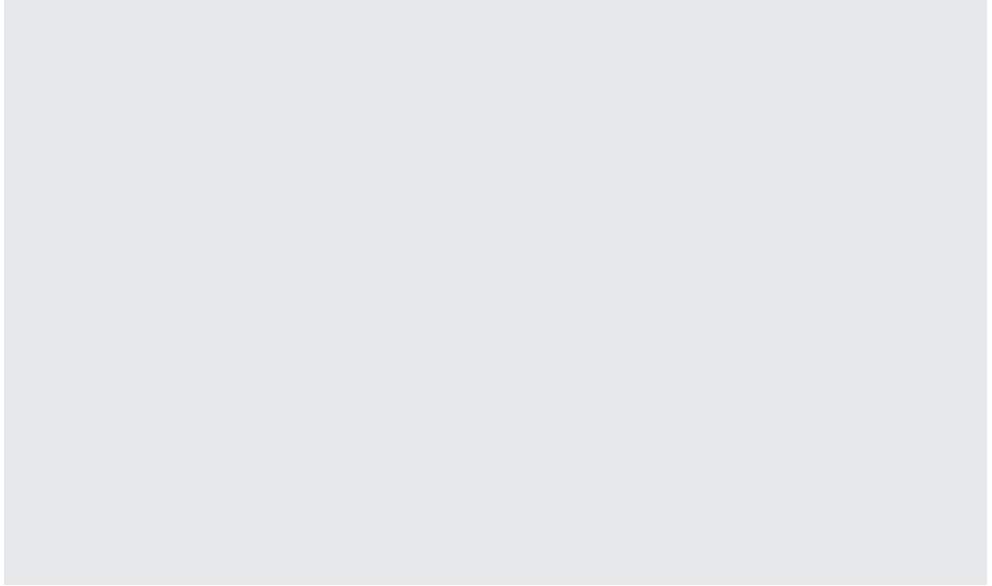
Proprietà termiche di materie plastiche



() Dati medi corrispondenti ai vari tipi commerciali*

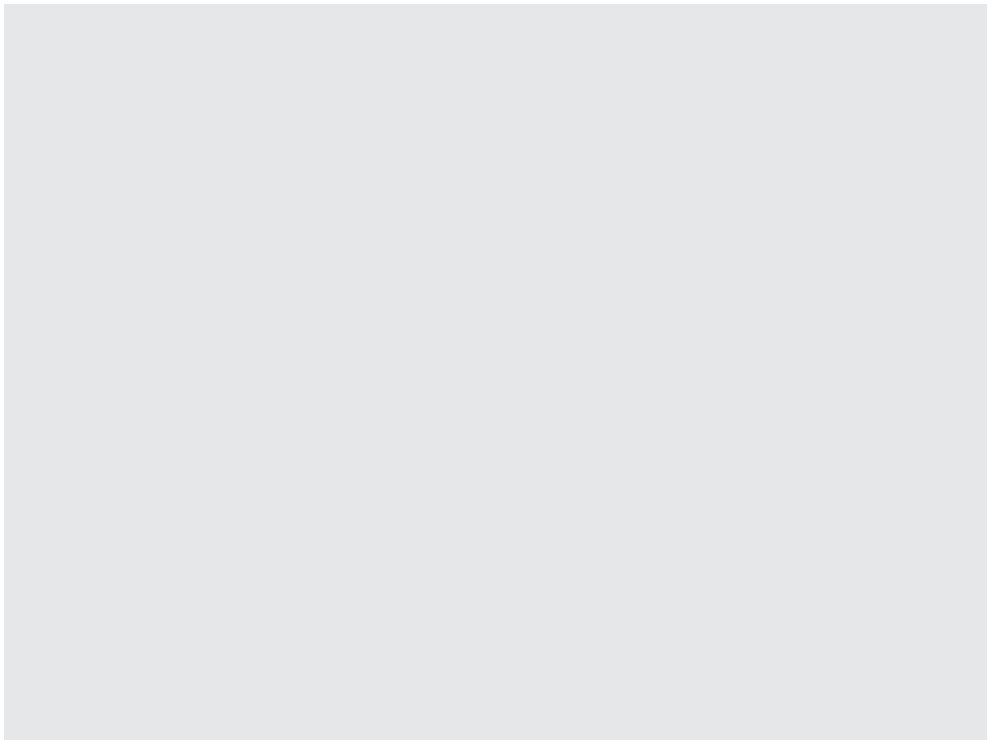
*(**) Varia con il grado di stereospecificità*

Proprietà elettriche di materie plastiche



() Dati medi corrispondenti ai vari tipi commerciali*

Resistenza ai reagenti di alcune materie plastiche (a temperatura ordinaria)



b = resistenza buona, d = discreta, m = mediocre, c = cattiva, r = rigonfiamento.

() Copolimero*

Massa delle molecole

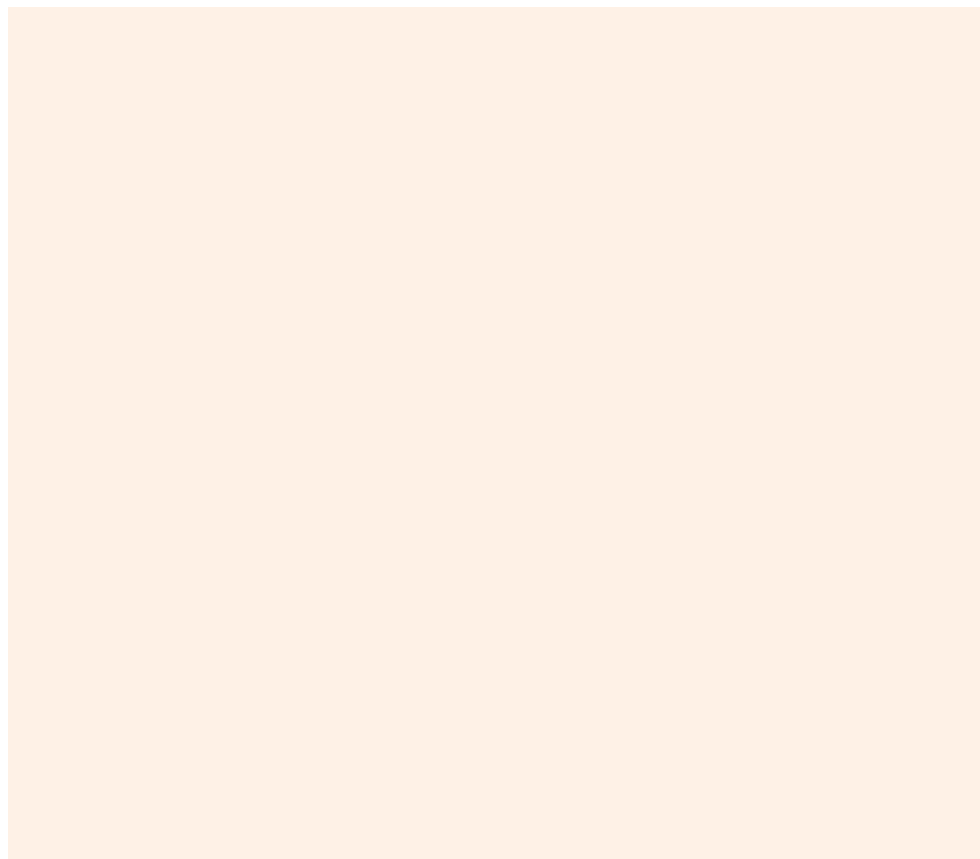
La massa delle molecole è data dalla somma delle masse degli atomi che le compongono e può essere ricavata sia da misure dirette che dalla formula molecolare, una volta note le masse degli atomi. Normalmente non si esprime la massa in grammi, ma si usa il rapporto fra la massa di una data molecola e $1/12$ della massa di un atomo dell'isotopo C_{12} del carbonio.

La stessa convenzione vale per il peso molecolare. Se il numero che esprime il peso molecolare è M , allora M grammi della sostanza considerata costituiscono una grammo molecola, o mole. La legge di Avogadro dice che il numero N_A di molecole in una mole è lo stesso per tutte le sostanze; esso è $6,022 \cdot 10^{23}$. Di conseguenza dividendo il peso molecolare per N_A si ha il peso di una molecola espresso in frazioni di grammo. A causa dell'esistenza degli isotopi, molecole di una stessa sostanza con differente composizione isotopica hanno pesi molecolari differenti.

La composizione isotopica di ogni elemento, tuttavia, non dipende, salvo effetti molto piccoli, né dal suo legame chimico, né dalle condizioni fisiche (temperatura, stato di aggregazione, ecc.); di conseguenza il peso molecolare medio, come il peso atomico medio, sono con buona approssimazione costanti.

La somma dei pesi atomici degli atomi costituenti la molecola fornisce il peso molecolare del composto. È da osservare che sia il peso atomico che il peso molecolare non esprimono dei pesi o delle masse ma il rapporto tra la massa dell'atomo o della molecola considerati e una massa scelta arbitrariamente come massa unitaria.

Simboli, numeri atomici e pesi atomici internazionali



La trasformazione

Il polistirene

Il Polistirene (PS) è una delle principali materie plastiche che derivano dal petrolio. Allo stato compatto il Polistirene è un materiale rigido, incolore, trasparente, che è la base per applicazioni molto diversificate.

Il polistirene espanso

Il Polistirene espanso (EPS) è una delle forme più importanti in cui viene impiegato il Polistirene.

In fase di polimerizzazione (cioè l'ultimo passaggio di Fig. 1), si scioglie nel Polistirene un agente espandente (comunemente pentano, un idrocarburo che, a pressione atmosferica, bolle a temperatura ambiente); altri additivi, in particolare per conferire migliorate caratteristiche di resistenza al fuoco, possono essere aggiunti in questa fase. Il prodotto, quale l'industria chimica lo fornisce ai produttori di EPS, si presenta in forma di granuli di aspetto vetroso (perle), di varia granulometria (0,3-2,8 mm) secondo gli impieghi cui è destinato. La massa volumica delle perle è di 1030 Kg/mc, ma quella apparente delle perle in mucchio è di circa 650 Kg/mc.

figura 1: produzione polistirene

Il processo di produzione

La produzione dei semilavorati e manufatti avviene in tre stadi principali (Fig.2) che si espongono qui nei tratti essenziali per la caratterizzazione merceologica; l'ottenimento di un prodotto di qualità presuppone per altro un know-how non semplice, ma che non interessa per la documentazione applicativa.

Pre-espansione:

Le perle di Ps espandibile vengono pre-espanso, generalmente per mezzo di vapore a temperatura superiore a 90 °C, nel cosiddetto pre-espansore. In questo le perle, a seguito della vaporizzazione dell'agente espandente, si rigonfiano fino a 20-50 volte il loro volume iniziale.

In questo processo si forma, all'interno delle perle, una struttura a celle chiuse, fondamentale per il successivo impiego come isolamento termico. Il grado di espansione, che dipende essenzialmente dalla durata del trattamento termico nel pre-espansore, determina la massa volumica apparente dei manufatti e quindi tutte le loro caratteristiche fisiche.

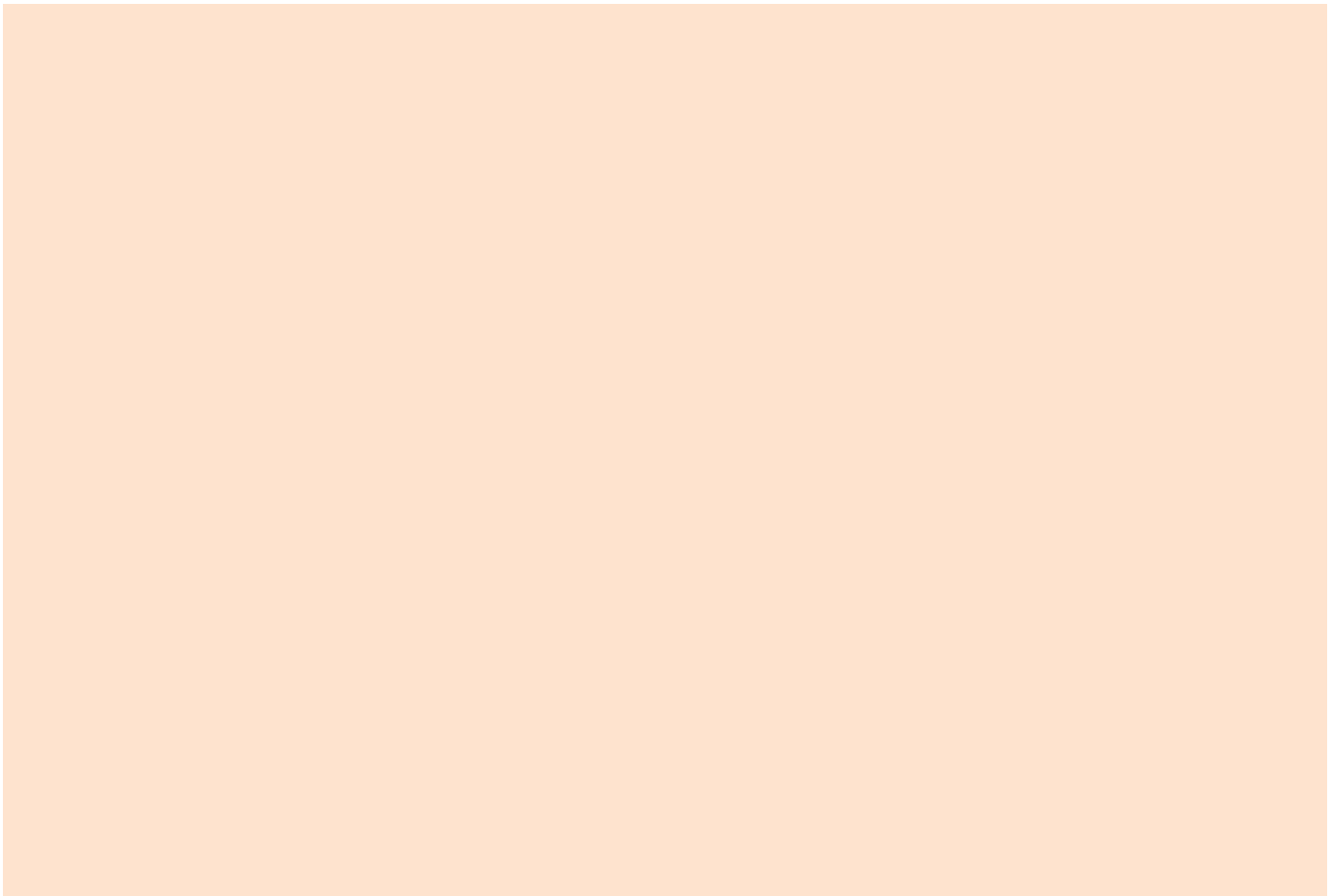
Maturazione:

Le perle pre-espanso devono stazionare un certo tempo in sili arieggiati. Con il raffreddamento i residui di espandente e di vapore acqueo condensano nelle singole celle. La depressione che così si forma viene annullata dall'aria che si diffonde all'interno delle celle; in questo modo le perle pre-espanso raggiungono la stabilità necessaria per le fasi successive.

Stampaggio:

le perle pre-espanso e stabilizzate possono ora essere trasformate in manufatti o semilavorati in vari modi:

- 1) Stampaggio di blocchi e taglio a lastre: è il sistema più usato. Le blocchiere, costituite da forme parallelepipedo provviste di fori di entrata per il vapore su tutti i lati, vengono riempite di perle pre-espanso e sottoposte di nuovo all'azione del vapore saturo; si raggiungono ora temperature di 110-120 °C, le perle si rigonfiano ulteriormente e, diventate appiccicose, si saldano tra di loro ("sinterizzano") per effetto della loro pressione interna, fino a formare un blocco omogeneo di espanso. Dopo un breve periodo di raffreddamento, i blocchi vengono sformati e messi in deposito per un periodo variabile da alcuni giorni a due mesi, durante il quale raggiungono la stabilità necessaria per le diverse applicazioni. Di qui vengono prelevati per il taglio in lastre, che avviene con seghe a nastro o a filo caldo e per eventuali altre operazioni meccaniche, come sagomature dei bordi, ottenute per fresatura.
- 2) Stampaggio di lastre e altri manufatti: il processo è lo stesso descritto per i blocchi, ma le lastre vengono stampate singolarmente in apposite macchine automatiche. Si ha il vantaggio di ottenere direttamente la forma desiderata, senza ulteriori lavorazioni meccaniche; ciò è particolarmente utile per le forme non piane (p.es. sottotegole, lastre con contorni sagomati, cassonetti, lastre con superficie decorata a rilievo, coppelle).
- 3) Stampaggio continuo: in un processo (v. fig. 2) la sinterizzazione in forma di lastra piana continua viene fatta avvenire fra due nastri mobili di acciaio; all'uscita le lastre vengono rifilate e tagliate alla lunghezza voluta. In altri processi continui le perle pre-espanso vengono fatte avanzare a passi attraverso una forma, mentre avviene la sinterizzazione; si ottengono così profilati vari, p.es. cassetture isolanti.
- 4) Lastre per isolamento acustico: per questo impiego i blocchi o le singole lastre vengono compressi fino ad 1/3 dello spessore originario e lasciati espandere di nuovo, ottenendo una caratteristica elastica più favorevole (minore rigidità dinamica) per l'impiego nei solai galleggianti per l'isolamento dai rumori da calpestio.
- 5) Lastre per drenaggio: sono costituite da perle espanso del diametro di 7-10 mm, unite fra loro soltanto nei punti di contatto mediante una saldatura di estensione più limitata o con speciali collanti; le lastre hanno così una elevata porosità, che permette la permeabilità all'acqua voluta per questa applicazione.



Aspetto e struttura

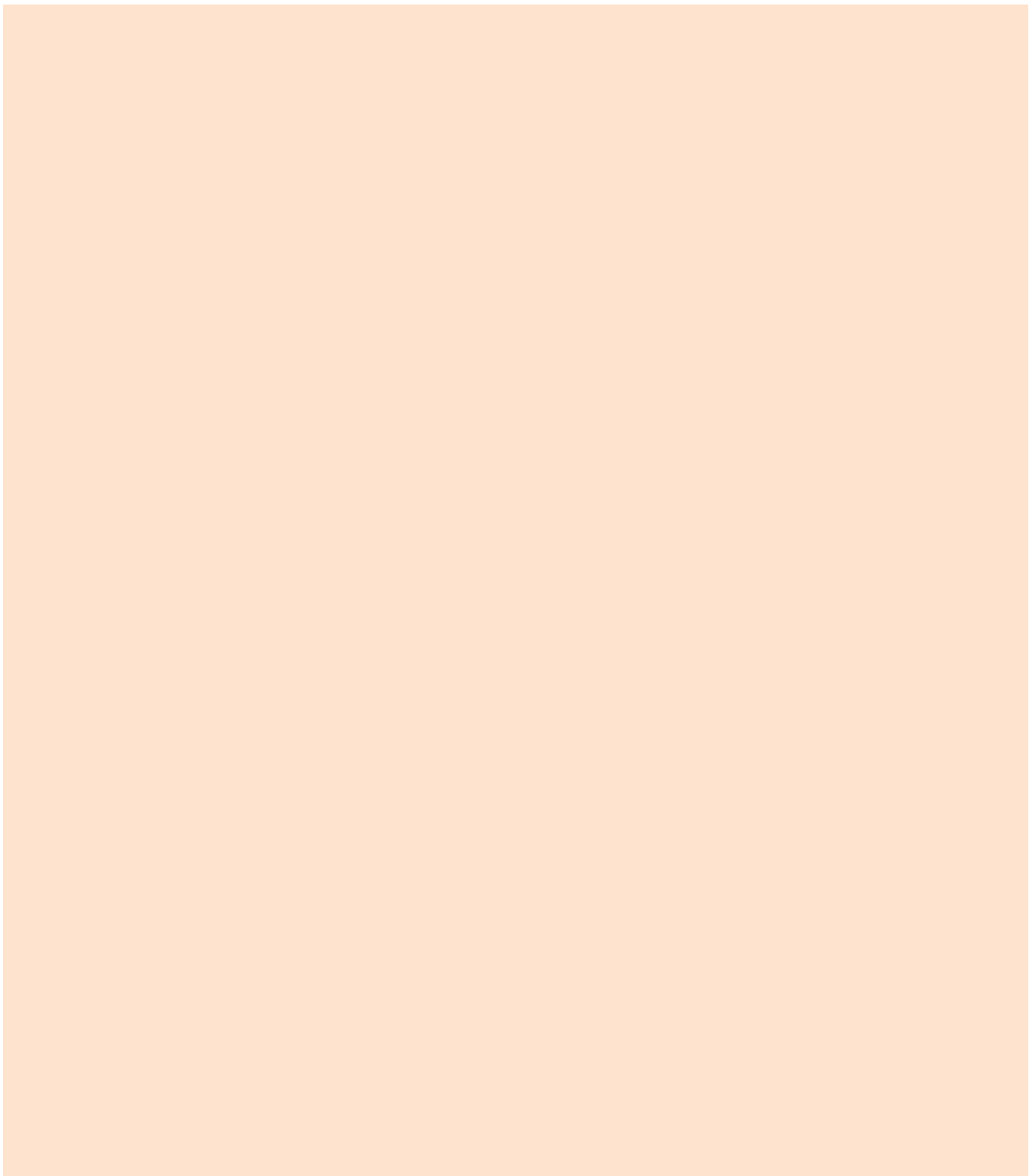
Le lastre e gli altri manufatti di EPS sono oggetti leggeri, la cui massa volumica è compresa generalmente fra 10 e 40 Kg/mc; quindi essi presentano una grande capacità di galleggiamento (se ne sono avute clamorose applicazioni in recuperi navali), che non viene perduta nemmeno dopo prolungata immersione totale in acqua; ciò dimostra che le celle di cui l'EPS è formato, sono essenzialmente chiuse e impermeabili.

Il colore dell'EPS è bianco, la struttura è rigida, ma tenace, quindi senza la tendenza di altri espansi rigidi a sbriciolarsi.

Non ha odore, né altre emanazioni, né dà alcun problema al contatto con la pelle. Le cause della cattiva sinterizzazione, che compromette un po' tutte le caratteristiche del prodotto, possono essere molteplici. Per essere sicuri di non prendere dal mercato, dove purtroppo sono presenti, materiali di cattiva qualità, è necessario esigere sempre EPS di qualità garantita.

figura 2
Processo di produzione del
polistirene espanso sinterizzato

figura 3: produzione di espanso di polistirolo



Il riciclo

I metodi più importanti e riconosciuti con validità economicamente sostenibile sono i seguenti:

- Riciclo materiale
- Riciclo a materie prime
- Riciclo termico

Riciclo materiale

Sfridi dalla produzione di materiali coibenti ed imballi vengono impiegati per una nuova produzione di lastre costituite anche al 100% di materiale riciclato. Inoltre il granulato riciclato viene adoperato per tutta una varietà di reimpieghi o ricicli.

- lastre isolanti
- cemento alleggerito con EPS
- mattoni porosi
- strati di isolamento contro l'umidità
- EPS come ausiliario per il terreno
- manufatti da iniezione in polistirolo

Anche lastre di EPS rivestite (ad es. con fogli di bitume o EPS da sistemi compositi isolanti termici) sono riciclabili e riusabili. Negli interventi futuri di risanamento o di demolizione di grande entità - di cui finora ancora non si dà il caso e per cui è da attendere ancora circa 20-30 anni - saranno disponibili per questi casi procedimenti migliorati, che sono già in corso di sperimentazione e di impiego come impianti pilota.

Recupero a materie prime

Nel riciclo a materia prima i materiali polimerici vengono trasformati per demolizione chimica della struttura macromolecolare in materie prime a basso peso molecolare, che possono di nuovo essere inserite in raffinerie o in impianti chimici. Per il recupero a materie prime vengono utilizzati processi di idrogenazione, la produzione di gas di sintesi o la pirolisi.

I prodotti così ottenuti (olio, gas) sono presenti in forma qualitativamente molto valida e servono di nuovo direttamente come prodotti di partenza petrolchimici, ad esempio per la produzione di materie plastiche.

Riciclo termico

Il petrolio costituisce nel mondo la più importante fonte di produzione energetica.

Oltre il 90% della quantità complessiva di petrolio viene consumata come carburante per riscaldamento o bruciato per produzione secondaria di energia.

Soltanto il 4% della quantità totale viene utilizzata come materiale di partenza per la produzione di materie plastiche. L'energia immagazzinata in questi prodotti può essere recuperata per gran parte al termine della loro vita utile attraverso il riciclo termico, vale a dire per combustione.

Nei moderni impianti di incenerimento, i cui gas di uscita ad esempio vengono depurati con una serie di filtri, è garantita la combustione controllata dei rifiuti in condizioni ottimali di combustione. In tal caso la frazione di materiale plastico dei rifiuti è estremamente importante come

fornitrice di energia per il processo di combustione.

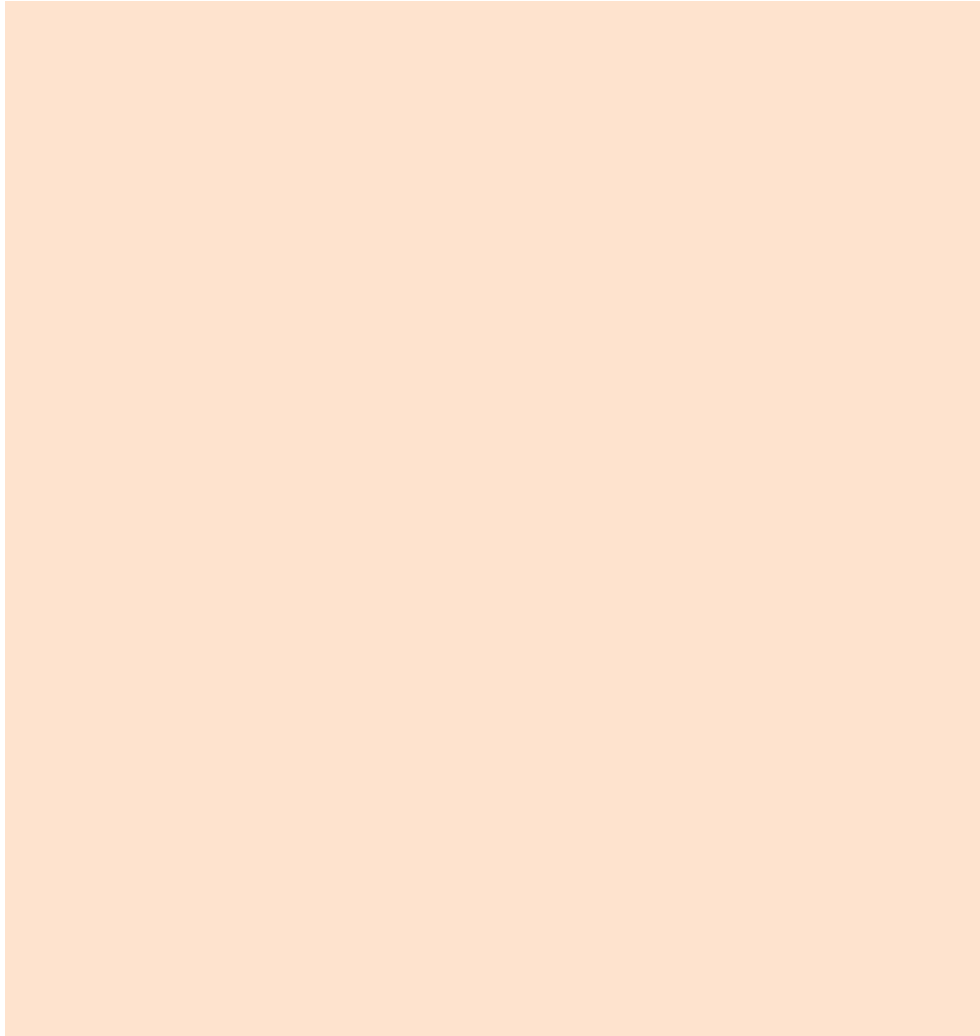
Il valore termico del polistirolo é comparabile a quello dell'olio di riscaldamento. Questo contenuto di energia viene utilizzato direttamente nell'impianto di combustione dei rifiuti come sostegno del processo di combustione, oppure può essere trasformato in energia utilizzabile, come vapore o corrente elettrica.

Questo riciclo energetico viene previsto come possibilità di valorizzazione secondo la legge sull'economia del riciclo e dei rifiuti per materiali con un contenuto termico di almeno 11.000 KJ/Kg e con un rendimento termico di almeno il 75%.

Come tutte le materie plastiche, l'EPS ha un alto potere calorifico: 1 Kg di EPS fornisce un quantitativo di energia pari a 1,3 litri di olio combustibile.

Utilizzato come fonte di calore, l'EPS costituisce un'alternativa all'uso dei combustibili fossili e quindi contribuisce alla conservazione delle risorse naturali. Un quantitativo ancora maggiore di combustibile viene risparmiato quando si utilizza l'energia prodotta dalla combustione dell'EPS per la produzione di energia elettrica o nel teleriscaldamento.

Se viene incenerito ad alta temperatura in un ambiente sicuro e controllato, l'EPS non presenta problemi di emissioni: le sostanze in cui si decompone (vapore acqueo, anidride carbonica e tracce di ceneri atossiche) sono meno dannose per l'ambiente di un normale barbecue.



Riciclo dell'EPS

Riciclare l' EPS

Il Consorzio Nazionale per il riciclaggio degli imballi si sta articolando e strutturando. Entro pochi anni, affluiranno ad esso diverse decine di migliaia di tonnellate di EPS da riciclare. È una previsione del tutto credibile, se si considera che in cinque anni di attività del Consorzio Replastic si è arrivati a raccogliere circa il 20% dei contenitori in plastica per liquidi, che presentano una problematica di recupero/riciclaggio diversa ma non certo meno ardua.

La problematica tecnologica

Il circuito di riciclaggio dell'EPS si articolerà, come quelli di tutti gli altri materiali, nei seguenti stadi:

Recupero sul territorio

- Adeguamento fisico
- Riutilizzo

Specifiche del circuito dell'EPS dovranno invece essere le soluzioni tecnologiche adottate.

In tutti e tre gli stadi ne esistono alcune di già applicate, su scala commerciale, o a livello di studio o di proposta. È del tutto prevedibile che esse si affineranno e specializzeranno ulteriormente, adeguandosi alle specifiche esigenze del materiale da trattare e dai volumi in gioco, mentre altre nuove verranno sviluppate.

I tre stadi di articolazione del circuito non possono essere analizzati singolarmente.

Le modalità di raccolta sono legate infatti alle caratteristiche fisiche e di produzione degli scarti, ma anche al loro destino programmato.

Così come le tecniche di riutilizzo non dipendono solo dalle caratteristiche fisiche intrinseche del materiale ma anche da come è stato selezionato e raccolto e da quali costi di trasporto ed adeguamento fisico (ad esempio trattamenti di purificazione) sono sopportabili.

A situazione matura, è prevedibile che vi possa essere un mix di tecnologie di riutilizzo, ognuna servita da particolari circuiti di recupero e adeguamento fisico, in relazione alle quantità e tipologie di scarti disponibili in una certa area, più o meno grande.

Ma, detto questo, oggi dobbiamo pensare a cominciare e cominciare bene, concretamente, dalle cose attuabili in questa fase iniziale.

Le tecnologie attuali

AIPE sta rilevando e analizzando i risultati finora ottenuti dalle Aziende che hanno condotto sperimentazioni o addirittura che stanno operando su scala commerciale e sta attrezzando un Centro Pilota, sia per condurre studi propri che, soprattutto, per farne un polo operativo di avvio di circuito di riciclaggio.

Le possibilità di riutilizzo dell'EPS sono sostanzialmente:

1. Utilizzo come "carica" nella produzione di nuovi articoli in EPS
2. Trasformazione in granulo di polistirolo compatto
3. Utilizzo come inerte leggero in calcestruzzi e malte
4. Combustione con produzione di calore.

Le prime due sono ovviamente le più esigenti in termini di grado di purezza del materiale.

Potrebbero quindi, nell'immediato, assorbire scarti post-consumo puliti, ben separati, movimentati e stoccati, raccolti presso fonti selezionate (imballi di macchinari, elettronica, elettromeccanica).

L'utilizzo come "carica" nella produzione di nuovi articoli in EPS è certamente più limitato, in termini quantitativi, da vincoli tecnologici, mentre la trasformazione in granulo di polistirolo

compatto condurrebbe ad un prodotto inseribile nel grande e mondialmente esteso mercato dei termoplastici.

L'utilizzo come inerte leggero non è un grande mercato, ma è comunque un'ideale sbocco e, qualora ci fosse larga disponibilità di prodotto a costo basso, potrebbe ampliarsi.

Senza dubbio l'impiego come combustibile è il meno esigente in termini di pulizia del materiale, potrebbe assorbire scarti di qualunque provenienza, anche mista e rappresenta quindi un'area estremamente interessante, da approfondire come disponibilità e vincoli tecnologici.

L'adeguamento fisico (dimensionale) costituisce un punto chiave per la soluzione del problema del riciclaggio dell'EPS. Il peso specifico apparente degli scarti in questione, alla produzione, di pochi chilogrammi al metro cubo (3/4): ciò significa che un piccolo estrusore per la produzione di granulo necessita in una settimana di un'alimentazione che in origine può corrispondere ad una trentina di cassoni di raccolta. Inoltre la produzione dei rifiuti è diffusa sul territorio mentre i punti di utilizzo saranno pochi e localizzati: l'incidenza dei trasporti sarà quindi da ridurre al minimo.

Le tecnologie attualmente proposte per l'adeguamento dimensionale sono le seguenti:

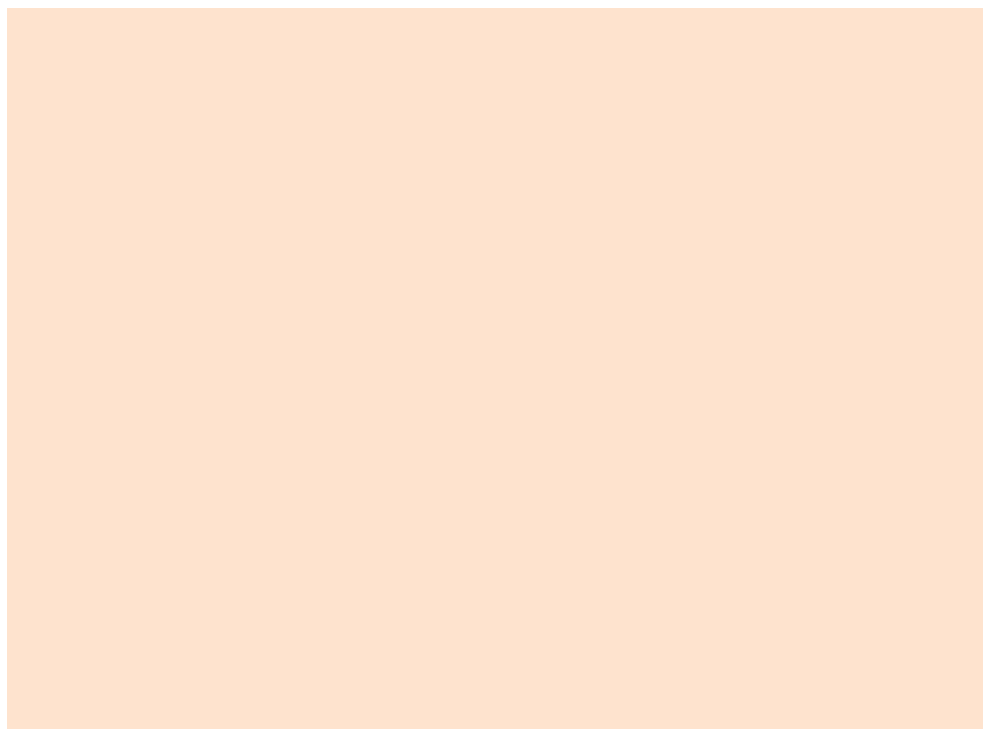
1. Compattazione tramite apposite presse
2. Collassamento termico dell'espanso a mezzo infrarossi in apposite linee
3. Compattazione tramite bricchettatrici

Tutte prevedono una preventiva macinazione. La prima e la terza necessitano di una successiva macinazione del materiale compattato all'atto del suo riutilizzo, salvo forse in certi casi di utilizzo come combustibile. Il Centro Pilota di AIPE sarà dotato delle attrezzature per attuare le prime due tecnologie, mentre le sperimentazioni sulla terza sono in corso presso i produttori delle macchine.

Per quanto concerne un eventuale trattamento di purificazione degli scarti, esistono numerose tecniche, collaudate in vari campi, di separazione ad aria, magnetiche, elettrostatiche, per calore, applicabili al macinato prima o dopo la compattazione e al collassato.

Trattamenti con acqua potrebbero invece essere presi in considerazione prima della macinazione, per poter depurare particolari scarti, quali, ad esempio, i contenitori per florovivai.

Riciclo in Europa International Network Of EPS - Packaging Manufactures



International Contacts for the Waste Management of Expanded Polystyrene Packaging

Expanded polystyrene packaging is being recovered for recycling through out the world. However, the means by which each country implements its own waste management programme is often dedicated by local and national guidelines, meaning that individual countries recover used EPS in different ways. Through closer collaboration, countries around the world are now working towards a network system where by information can be readily shared in support of the user of EPS packaging. As part of this new networking procedure, this document has been designed to overcome a lack of local knowledge, by outlining details of the national organisation which provide specific information about EPS recovery in its own country. These organisations are also well placed to provide information about the properties of, and benefits in using, EPS packaging. Countries participating in the work of the European Manufacturers of Expanded Polystyrene Packaging (EUMEPS) are denoted accordingly.

Europe

Austria

Mr A Parth, Osterreichische EPS-Verwertungs GmbH
A-9555 Glanegg 58, Austria
Tel. ++ 43 42 77 22 11 42
Fax. ++ 43 42 77 22 11 66

Belgium

Mdme L Neirinckx, Styfabel x.z.w.,
H. Regastraat 14,
B-3000 Leuven, Belgium
Tel. ++ 32 16 20 47 75 - Fax. ++ 32 16 29 17 44

Denmark

Mr S. Karlson, Plastindustrien I Denmark,
Noerre Voldgade 48 (3rd Floor)
DK-1358 Kopenhagen. Denmark
Tel. ++ 45 33 13 30 22 - Fax. ++ 45 33 13 08 98

Finland

Mrs Pullola, The Finnish Plastics Industries
Federation (FIPIF), Po Box 4
FIN-00131 Helsinki, Finland
Tel. ++ 35 80 17 28 41 - Fax. ++ 35 80 17 11 64

France

Mdme M. Touret, ECo PSE, c/o 'Le Patio de
Rueil', 104 Avenue Albert 1 er, 92563
Rueil-Malmaison Cedex, France
Tel. ++ 33 1 47 52 94 12
Fax. ++ 33 1 47 52 94 35

Germany

Mr H. Emminger, Industrieverband Kunst-
stoffverpackungen c/o IZK, Kaiser Friedrich
Promenade 89
D-61348 Bad Homburg, Germany
Tel. ++ 49 6172 926 667
Fax. ++ 49 6172 926 669

Italy

Dr C. Venosta, Associazione Italiana Polistiro-
lo Espanso, Via Marcantonio Colonna 43,
20149 Milano, Italy
Tel. ++ 39 2 33 00 21 01
Fax. ++ 39 2 39 21 05 31

Netherland

Mr H van der Sijs, Stybenex Verpakkingen,
Po Box 2108
NL-5300, CC Zaltbommel, Netherlands
Tel. ++ 31 4180 13450
Fax. ++ 31 4180 13888

Norway

Mr Anne-Kjersti Bjornsen, Plastindustrivor-
bundet, Stensberggt. 27,
N-1070 Oslo, Norway
Tel. ++ 47 22 96 10 91 - Fax. ++ 47 22 96 38 11

Portugal

Mr Luiz Quintella, Associacao de Controle de
Qaulidade de Espumas de Poliestireno Expan-
dido, Ribeira das Vinhas, Lt.4-3 E, 2750 Ca-
scais, Portugal
Tel. ++ 351 1 4836443 - Fax. ++ 351 1 4835706

Southern Ireland

Mrs Mc Cabe, Plastics Industries Association,
Confederation House,
84-86 Lowe Baggot Street Dublin2
Tel. ++ 353 1 660 1011 - Fax. ++ 353 1 660
1711

Spain

Mr C. Lopez, Asociacion Nacional de Polie-
stireno Expandido, Velaquez 92,
3Y DCHA, E-28006 Madrid, Spain
Tel. ++ 34 1 43 146 68 - Fax. ++ 34 1 57 535 64

Sweden

Mr B Jedler, Plast-och Kemibranschern, Box
105, S-101 22, Stockholm, Sweden
Tel. ++ 46 8 402 13 60 - Fax. ++ 46 8 411 45 26

Switzerland

Mr P. uger, EPS Verband Schweiz,
Bahnhofstrasse 61,
CH-6403 Kussnacht, Switzerland
Tel. ++ 41 41 81 71 81 - Fax. ++ 41 41 81 15 91

United Kingdom

Mr I Rumsby, British Plastics Federation, 6 Bath
Place, Rivington Street, London - EC2A 3JE
Tel. ++ 44 171 457 5000
Fax. +++ 44 171 457 5038

South East Asia and the sub - continent

India

Mr A Mittal EPS Processors Association of India, F- 3/1, Okhla Industrial Area, Phase -1, New Dehli 110020, India
Tel. ++ 91 11 68 14 903
Telex. 31-75481-SPL-IN

Indonesia

Mr S. Nicolaas, PT Aneka Prafoamindo JI Lodan Raya 29, Ancol Barat Jakarta 14430 - Indonesia
Tel. ++ 62 21 69 11127
Fax. ++ 62 21 69 10882

Japan

Mr K Imaizumi, Japan Expanded Polystyrene Recycling Association, 6F Fax Bld. 2-20 Kan-da Sakuma-Cho, Chiyod-Ku, Tokyo 101, Japan
Tel. ++ 81 3 3861 9046
Fax. ++ 81 3 3861 0096

Korea

Mr B G Kim, Korea Fam Styrene Recycling Association, 404 Hanam Bldg, 44-27 Youido-Dong, Yongdeung Po-Gu, Seoul 150-010, Korea
Tel. ++ 82 2 761 0280 2
Fax. ++ 82 2 761 0283

The Americas

Brazil

Mr O. Mammini, CENTRAL EPSTechnologia and Services, R Rocha, 167-cj.71-CEP 01330-000, Sao Paulo, Brazil
Tel. ++ 55 11 284 95 12
Fax. ++ 55 11 284 95 12

Canada

Mike Scott, Canadian Polystyrene Recycling Association, 7595 Tranmere Drive, Mississauga, Ontario L5S 1L4
Tel. ++ 1 905 678 7748
Fax. ++ 1 905 612 8024

Malaysia

Mr M Kim, Izutex Sdn. Bhd., No 1, Persiaran Perusahaan, Seksyen 23, 40000 ShahAlam, Selangor Darul Ehasan, Malaysia
Tel. ++ 60 3 54 18 208/9
Fax. ++ 60 3 54 18 019

Singapore

Mr K.K. Lee, c/o Broadway Foal Sdn.Bhd., 7 Jalan Firma 1/5, Kawasan Perindustrian Tebrau 81100 Johor Bahru Johor Darul Takzim Malaysia
Tel. ++ 60 3 54 89 10 - Fax. ++ 60 3 54 87 08

Taiwan

Mr M Liaw, Taiwanese Expanded Polystyrene Recycling Association, Room No. 1503, 15thFloor, No. 1205, Chung-Cheng Road, Taoyuan City, Taiwan, R.O.C.
Tel. ++ 886 3 3571 1620 1
Fax. ++ 886 3 356 5358

Australia

Mr A Frencham, Dow Chemicals (Australia) Ltd, Private Bag No. 1, Altona, Victoria Australia 3018
Tel. ++ 61 3 368 4442 - Fax. ++ 61 2 804 7793

United State of America

Betsy de Campos, Association of Foam Packaging Recyclers, 1025 Connecticut Avenue, NW, Suite 515, Washington DC 20036
Tel. ++ 1 202 822 6424
Fax. ++ 1 202 331 0538

OVERVIEW EUMEPS PAKAGING

Materie plastiche di riciclo

PARTE A:

polistirene proveniente da post-consumo, destinato ad impieghi diversi - requisiti e metodi di prova

Bozza preliminare elaborata da UNIPLAST

1. Scopo e campo di applicazione.

La norma definisce i requisiti ed i metodi di prova del polistirene di riciclo, per i tipi omopolimero (cristallo) e antiurto, proveniente da post-consumo e destinato ad impieghi diversi.

2. Riferimenti

UNI 4723	Metodi statici per il controllo della qualità Termini, simboli e definizioni
UNI EN ISO 1133	180 Materie plastiche-Determinazione della resistenza all'urto Izod. FR) ed in volume (MVR) dei materiali termoplastici.
ISO 1183	Materie plastiche-Metodi per la determinazione della massa volumica della densità relativa delle materie plastiche non alveolari.
ISO 3451/1	Materie plastiche-Determinazione delle ceneri Parte 1: Metodi generali

3. Definizioni

3.1 Per polistirene rigenerato (o riciclato) si intende un granulo composto da:

- Matrice polimerica, così costituita: Polistirene, sia omopolimero (PS) che antiurto (PS-HI), proveniente dal riciclaggio di materiali di cui al punto 1.2.b della Parte 1 del presente Progetto
- Eventuali altri materiali, come contaminanti, quali:
 - materiali infusibili (carta, alluminio, inerti, ...)
 - altri materiali termoplastici (poliolefine, PVC, PET,..)

3.2 Per polistirene omopolimero si intende il tipo cristallo, sia trasparente che colorato.

3.3 Per polistirene antiurto si intende il copolimero o miscela meccanica polistirolo-fase elastomerica.

4. Definizione dei campi di applicazione

I campi di applicazione del polistirene riciclato, per i quali saranno validi i prospetti delle caratteristiche di seguito definite, sono i seguenti:

- a) Polistirene omopolimero (R PS):
- stampaggio ed iniezione (vedere prospetto I);
 - estrusione (vedere prospetto II).
- b) Polistirene antiurto (R PS-HI):
- stampaggio ad iniezione (vedere prospetto III);
 - estrusione (vedere prospetto IV).

Nei prospetti sono riportate le caratteristiche che devono essere valutate per ogni lotto (per la definizione di lotto vedere UNI 4723); ogni lotto dovrà essere corredato da un documento di informazione denominato “scheda” riportante le caratteristiche previste dai prospetti.

Prospetto 1 - R PS da post-consumo per stampaggio ad iniezione

Caratteristica	Metodo
Massa volumica	ISO 1183 Metodo B Picnometro
Resistenza all'urto	Izod UNI EN ISO 180 Metodo ISO 180/1U
Indice di fluidità	MFR ISO 1133
Ceneri: - per trasparente - per colorato	ISO 3451/1
Contaminazioni: - per trasparente - per colorato	Appendice
Colore	Il produttore deve definire in via indicativa il colore con riferimento alle seguenti classi: trasparente, colorato. In caso sia necessario definire con precisione il colore si farà riferimento alla scala PANTONE.

Prospetto 2 - R PS da post-consumo per estrusione

Caratteristica	Metodo
Massa volumica	ISO 1183 Metodo B Picnometro

Resistenza all'urto Izod	UNI EN ISO 180 Metodo ISO 180/1U
Indice di fluidità MFR	ISO 1133
Ceneri; - per trasparente - per colorato	ISO 3451/1
Contaminazioni: - per trasparente - per colorato	Appendice
Colore	Il produttore deve definire in via indicativa il colore con riferimento alle seguenti classi: trasparente, colorato. In caso sia necessario definire con precisione il colore si farà riferimento alla scala PANTONE.

Prospetto 3-R PS HI da post-consumo per stampaggio ad iniezione

Caratteristica	Metodo
Massa volumica	ISO 1183 Metodo B Picnometro
Resistenza all'urto Izod per classe A per classe B	UNI EN ISO 180 Metodo ISO 180/1U
Indice di fluidità MFR	ISO 1133
Ceneri;	ISO 3451/1
Contaminazioni:	Vedi Appendice
Colore	Il produttore deve definire in via indicativa il colore con riferimento alle seguenti classi: trasparente, colorato. In caso sia necessario definire con precisione il colore si farà riferimento alla scala PANTONE.

Prospetto 4-R PS HI da post-consumo per estrusione

Caratteristica	Metodo
Massa volumica	ISO 1183 Metodo B Picnometro
Resistenza all'urto Izod	UNI EN ISO 180 Metodo ISO 180/1U
Indice di fluidità MFR ISO 1133 Ceneri ISO 3451/1	
Contaminazioni: - per trasparente - per colorato	Appendice
Colore	Il produttore deve definire in via indicativa il colore con riferimento alle seguenti classi: trasparente, colorato. In caso sia necessario definire con precisione il colore si farà riferimento alla scala PANTONE.

Appendice (normativa)

Metodo per la determinazione delle contaminazioni presenti nel polistirene da riciclo

A1 Scopo

Il presente metodo viene applicato per la determinazione delle contaminazioni costituite da infusi e impurezze nel polistirene di riciclo.

A2 Campo di applicazione

Il metodo si applica per il polistirene di riciclo, sia omopolimero che antiurto, destinato ad essere impiegato nello stampaggio ad iniezione o nell'estrusione.

Sono previsti due metodi di controllo delle contaminazioni ed in particolare il metodo A per il polistirene omopolimero trasparente ed il metodo B per il polistirene omopolimero colorato ed antiurto.

A3 Principio del metodo

Il principio del metodo è basato sull'estrusione di un film di larghezza e spessore noto sul quale andrà verificata, mediante controllo visivo, la presenza di infusi e di impurezze.

La determinazione delle contaminazioni avviene mediante controllo visivo su alcune porzioni del campione estruso.

A4 Apparecchiatura

L'apparecchiatura consiste in un estrusore monovite da laboratorio, senza filtri e con sistema di degasaggio, con le seguenti caratteristiche consigliate:

- vite di estrusione:
 - diametro vite: 20 mm
 - lunghezza vite: 30 diametri
 - velocità massima della vite: 90 giri/min.
 - portata massima: 8 Kg/h
- filiera:
 - tipo: monocanale
 - larghezza: 10 cm
 - luce: da 0 a 1 mm
- potenza del motore: 10 KW
- potenza di riscaldamento: 1.8-2 KW
- temperatura di estrusione: 220 C

È richiesto inoltre l'uso di una lente di ingrandimento (10x) per il controllo delle contaminazioni presenti sul film.

A5 Procedimento

Vengono estrusi 5 Kg di granuli in modo tale da ottenere un film con le seguenti caratteristiche:
- larghezza: 10 cm \pm 1 cm- spessore: 200 μ m \pm 20 μ m

Il controllo delle contaminazioni viene effettuato mediante l'ausilio di una lente di ingrandimento, su 10 spezzoni di film appena estrusi, lunghi 10 cm e distanti almeno 10 m l'uno dall'altro, limitando l'esame ad un'area di 1x1 cm preferibilmente localizzata al centro dello spezzone in esame.

A5.1 Metodo A

Su ciascun campione dovrà essere verificata l'assenza di contaminazioni visibili di qualsiasi dimensione.

Eventuali contaminazioni dovranno essere conteggiate e riportate per ogni campione nel resoconto di prova.

A5.2 Metodo B

Dovranno essere conteggiati, per ogni campione, solo le contaminazioni visibili aventi una dimensione, sull'asse perpendicolare alla direzione di estrusione, superiore o uguale allo spessore del film di riferimento.

A6 Espressione del risultato

Per ogni metodo operativo dovranno essere indicate le contaminazioni riscontrate rispettivamente su ognuno dei dieci campioni esaminati secondo quanto stabilito ai punti A5.1. e A5.2.

A7 Resoconto di prova

Nel resoconto di prova deve essere riportato quanto segue:

- tutte le informazioni idonee per una sicura identificazione del campione;
- il risultato della prova;
- i riferimenti alla presente norma ed eventuali operazioni aggiuntive, descritte dettagliatamente.

L'ambiente

I problemi che l'evoluzione sempre più rapida della società umana pone alla conservazione dell'ambiente in cui essa vive, sono ogni giorno di più oggetto di attenzione generale e di discussioni appassionate, dal momento che ormai ci si è resi conto che dalla salvaguardia di questo ambiente, oggi sicuramente in pericolo, dipende l'ulteriore sviluppo e forse anche la stessa sopravvivenza della nostra civiltà.

L'AIPOR e la purezza dell'aria

Le problematiche legate alla purezza dell'aria assumono sempre più peso considerevole nel controllo della qualità dell'aria degli spazi residenziali. Ciò è dovuto all'aumento della presenza di elementi inquinanti, sia all'interno degli alloggi, sia nell'ambiente esterno.

I problemi si sono aggravati negli ultimi anni in connessione alla tendenza a ridurre il ricambio d'aria degli ambienti per conseguire un risparmio di energia; poiché ciò è stato tentato per lo più semplicemente sopprimendo o riducendo i passaggi dell'aria fra interno ed esterno (tenute dei serramenti, camini), senza controllare effettivamente il fenomeno (con ventilazione meccanica, scambiatori di calore, percorsi obbligati dell'aria, ecc.), ne è conseguita una maggior concentrazione degli elementi inquinanti negli ambienti, in primo luogo umidità, ma anche prodotti dell'attività e del metabolismo ed emanazione dei materiali costituenti l'edificio o in esso contenuti.

Fra questi ultimi è comprensibile che l'attenzione si sia concentrata sui materiali più recenti, trascurando quelli con i quali l'umanità, bene o male, convive da migliaia di anni.

In effetti i materiali recenti hanno fornito più di un motivo di preoccupazione per la salute degli abitanti, ma l'informazione in proposito ha spesso provocato confusione nell'opinione pubblica, per lo più attribuendo a tutti i materiali di una certa categoria merceologica (p.es. gli espansi plastici) caratteristiche proprie soltanto di qualcuno di essi.

Il Polistirene Espanso Sinterizzato non è sfuggito a questa sorte e poiché le accuse rivoltegli sono fondamentalmente immeritate, è opportuno cercare di fare chiarezza, così che questo materiale, così conveniente ed efficiente, possa essere impiegato con completa fiducia.

Le obiezioni sono qui di seguito riunite a gruppi, per ognuno dei quali viene esaminata la loro fondatezza.

a) Obiezioni legate alla costituzione chimica del Polistirene Espanso

L'EPS è un polimero, formato dall'unione di tante molecole di un monomero, lo stirolo (fig. 1), che è un idrocarburo aromatico, cioè un composto di carbonio e idrogeno della serie del benzolo.

Respirare i vapori di stirolo è nocivo; il valore limite di soglia (TLV) per esposizione di 8 ore al giorno in ambienti di lavoro è di 215 mg/mc (50 p.p.m.) secondo i valori americani recepiti dai nostri contratti di lavoro. Circola ancora in Italia, nonostante le ripetute confutazioni, la credenza che il Polistirene "sublima", cioè svanisce nel tempo, per scomposizione a monomero ed eva-

figura 1: misure di concentrazione in aria di stirolo emesso dal Polistirene

porazione di quest'ultimo; se ciò fosse vero, le preoccupazioni per la sua nocività, oltre che per la sua durata nel tempo, sarebbero giustificate; fortunatamente non è così; la tensione di vapore del Polistirene è pressoché nulla e il fenomeno non può fisicamente verificarsi; del resto i rilievi fatti da Istituti qualificati su campioni di EPS in opera da più di 30 anni hanno dimostrato che non si ha perdita di massa nel lungo periodo.

Per completezza di informazioni si possono tuttavia segnalare in proposito due casi, che però non hanno importanza dal punto di vista dell'applicazione.

Il primo riguarda il processo di taglio dei blocchi di EPS in lastre con l'usuale metodo del filo caldo; in effetti a contatto con il filo caldo si ha una piccola decomposizione di materiale; il fenomeno è peraltro molto modesto e circoscritto e nello stabilimento di produzione può essere facilmente controllato, così da non recare pregiudizio agli operatori.

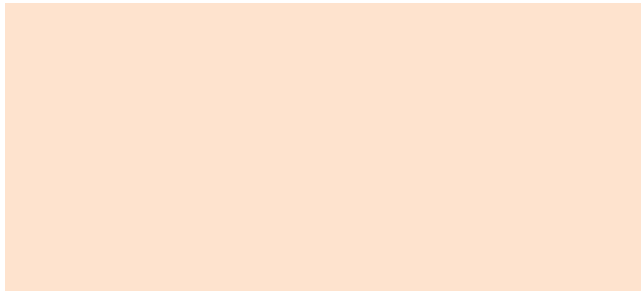


figura 2: struttura chimica del Polistirene

Studi svedesi e americani su lavoratori esposti a queste condizioni ambientali non hanno messo in evidenza alcun fattore di rischio ad esse collegato. L'altro caso si riferisce all'EPS di recente produzione; poiché la polimerizzazione non può mai arrivare a convertire il 100% del monomero, tracce di questo restano nel prodotto; queste tracce scompaiono spontaneamente insieme ai residui dell'espandente (pentano) nel giro di alcune settimane, cioè sicuramente in un tempo inferiore a quello che normalmente decorre fra la produzione del materiale e la prima occupazione del locale in cui è stato applicato.

L'entità di questo fenomeno è stata misurata con esperienze condotte dall'Istituto di Igiene dell'Università di Heidelberg.

In una prima serie di prove presso questo Istituto, 91 m² di lastre di EPS da 15 Kg/mc, dello spessore di 5 cm, appena prodotte, furono applicate, senza sigillanti, a rivestire le pareti (64 m²) di un locale cieco e le rimanenti furono poste di costa, con entrambe le facce libere, in mezzo al locale; questo venne mantenuto sigillato e senza ventilazione a 21 °C e 55% di U.R.: si è trattato chiaramente di condizioni eccessive.

La concentrazione di stirolo nell'aria raggiunse il massimo l'8° giorno con 4 mg/mc (contro il TLV di 215), ma già dopo il 20° giorno i valori caddero decisamente e si avvicinarono dopo due mesi, alla soglia di misurabilità. Successivamente l'emissione di stirolo venne attivata, portando l'aria a 50° per 50 giorni, ottenendo concentrazioni di stirolo inferiori a un millesimo del valore TLV (fig. 2).

Una seconda serie di prove dello stesso Istituto venne poi condotta in condizioni più realistiche, rivestendo le pareti verticali (42 mc) di un locale con lastre accoppiate EPS /cartongesso; il locale era ancora non ventilato e tenuto a 21° e 55 % di U.R.

Si è registrata una concentrazione massima di stirolo al 3° giorno (0,36 mg/mc), che è andata poi progressivamente calando fino a diventare non più misurabile dopo 100 giorni a questo punto anche il soffitto (11 m²) è stato rivestito con lastre a vista di EPS di tipo decorativo, di 8 mm di spessore; dopo 3 giorni la concentrazione era salita a 0,09 mg/mc, ma dopo 18 giorni non era più misurabile; ancora una volta si è portato il locale a 50° dopo aver sostituito le lastre del sof-

fitto e la concentrazione di stirolo salì a 0,64 mg/mc, scendendo poi sotto il limite di misurabilità al 37° giorno di quest'ultima prova.

Anche indagini su ambienti costruiti, isolati con EPS, non hanno rivelato presenza di stirolo. Questi risultati sono stati confermati da un Comitato del Ministero Tedesco dell'Ambiente, Costruzione Urbanistica che afferma testualmente:

“I materiali isolanti formati da espanso rigido di Polistirene prodotti in conformità della norma DIN 18164 possono, se non rivestiti immediatamente dopo la loro produzione, emettere piccole quantità di stirolo monomero. Nelle condizioni più sfavorevoli si possono avere valori di punta fino a 1/100 dell'attuale valore di soglia (420 mg/m = 100 p.p.m.).

Anche a temperature elevate, insolite nei locali di abitazione, tali concentrazioni ammontano peraltro, dopo circa 10 settimane, a soli 1-2 millesimi del valore di soglia e si abbassano poi molto rapidamente sotto il limite di misurabilità. Le tracce di stirolo presenti in questi isolanti sono perciò senza importanza dal punto di vista sanitario”.

Ogni dubbio sull'assenza di nocività dell'EPS dovrebbe quindi cadere e in effetti dubbi simili non sono mai affiorati in altri settori, p.es. quello degli imballaggi alimentari, che ammettono legalmente il Polistirene fra i materiali che possono venire a contatto con alimenti.

Per completezza citiamo comunque anche le altre emissioni attribuite all'EPS per confusione con altri materiali (formaldeide, clorofluorocarburi, radon), che non possono sussistere semplicemente perché l'EPS non le contiene, né i suoi costituenti, carbonio e idrogeno, possono concorrere a formarle.

b) Obiezioni legate alla struttura fisica dell'EPS

L'EPS oppone una certa resistenza al passaggio del vapore; l'entità è caratterizzata dal vapore del coefficiente u, detto appunto “di resistenza al passaggio del vapore che rappresenta lo spessore di aria equivalente, dal punto di vista della diffusione del vapore, ad uno spessore unitario di EPS. Il valore u dell'EPS è dello stesso ordine di grandezza di quello dei materiali da costruzione tradizionali e non crea particolari problemi nel controllo dello scambio di umidità fra interno ed esterno attraverso pareti che comprendono uno strato di EPS.

Si può dunque dire che una parete isolata con EPS “traspira” se non comprende altri strati di resistenza al passaggio del vapore molto maggiore (le cosiddette “barriere al vapore”).

A questa permeabilità al vapore corrisponde una certa permeabilità all'aria, che si può ritenere circa dello stesso ordine di grandezza, quindi del tutto insufficiente, non solo ad assicurare, ma anche soltanto a contribuire in maniera apprezzabile al ricambio d'aria necessario per i locali; questo deve essere assicurato, in modo più o meno controllato, dalle aperture di cui dispone il locale. Accade tuttavia che si faccia confusione fra le due permeabilità, al vapore e all'aria, e si affermi che una parete con EPS non traspira; in realtà nessuna parete, di nessun genere, se ben fatta, contribuisce al ricambio d'aria e quindi questa osservazione è del tutto ingiustificata. Un'altra obiezione sollevata contro gli isolanti in genere è quella di costituire uno schermo ai campi elettrici e magnetici in cui vivremmo all'aperto; in realtà questi campi esistono e si producono anche all'interno (p.es. per effetto dei vestiti che indossiamo) e se anche avessero qualche influsso sulla salute, positivo o negativo, questo sarebbe ben difficile da mettere in evidenza, sovrapposto agli altri influssi (igrotermici, sonori, da inquinamento, ecc.), ben più importanti, cui siamo costantemente sottoposti.

c) Comportamento in caso di incendio

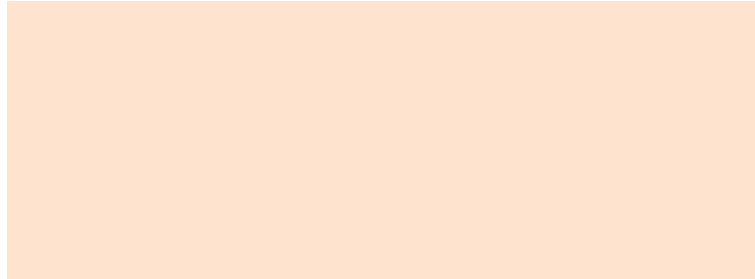
Il comportamento dell'EPS in caso di incendio può essere visto sia, sotto l'aspetto del contributo che esso può dare all'innesco e alla propagazione dell'incendio, sia per quanto riguarda l'emissione di sostanze pericolose durante l'incendio.

La tossicità dei fumi è l'altro aspetto dell'incendio, che ha richiamato molta attenzione da qualche tempo, in particolare in relazione al comportamento di vari materiali plastici; ciò ha fatto sì che, anche per questo aspetto, pure l'EPS venisse accomunato ai materiali più pericolosi.

In realtà esso risulta uno fra i materiali organici meno pericolosi; in quanto composto di solo carbonio e idrogeno (fig. 2), in presenza di sufficiente aria comburente, i suoi prodotti di com-

bustione sono soltanto anidride carbonica e acqua; con scarsità di aria produce ossido di carbonio, tuttavia in quantità molto inferiore a quella di altri materiali organici che si trovano comunemente nei locali, come mostra la tabella seguente, che riporta misure della concentrazione di CO in p.p.m. nei fumi, a varie temperature, eseguite secondo DIN 53436.

Anche esperimenti su animali confermano queste osservazioni. Il fumo opaco che si sviluppa nella combustione (in quantità più ridotta nei tipi RF), non rappresenta di solito un problema rilevante, dal momento che l'EPS è generalmente non in vista nelle strutture.



L' EPS e l' ambiente esterno

Inquinamento atmosferico cause e conseguenze

L'inquinamento dell'ambiente esterno è ormai oggetto permanente di preoccupazione generale, sia per quanto riguarda i suoi aspetti contingenti, ormai costantemente seguiti, specialmente nei grossi agglomerati urbani, dove essi si fanno maggiormente sentire, sia per le conseguenze a lungo termine, oggetto di vivaci discussioni in tutto il mondo, dalle quali emergono con sempre maggiore frequenza previsioni catastrofiche, che non possono non richiamarci alle nostre responsabilità verso le generazioni future. Non c'è dubbio comunque che, anche se per il lungo termine si sommano agli effetti delle attività umane le lente modificazioni naturali (finora ben poco comprese) del clima del nostro pianeta, tuttavia per l'immediato sono le nostre attività a influire negativamente sulla qualità dell'ambiente e i responsabili principali, specialmente per l'aria, sono i processi di combustione, che da alcuni decenni noi attuiamo in una misura di vari ordini di grandezza superiore ai passati secoli e millenni.

La disponibilità di combustioni fossili a basso costo ha favorito lo sviluppo senza precedenti di industrie, trasporti e benessere abitativo, ma ha avuto e avrà pesanti conseguenze, i cui costi solo in parte sono già emergenti.

L'inquinamento dell'aria, specialmente nei grandi agglomerati, provoca danni alla salute, non facilmente quantizzabili, ma certamente imponenti, se si pensa al valore delle giornate lavorative perse, al costo delle cure mediche, senza trascurare quanto vale la riduzione della qualità della vita che ne consegue. A ciò si devono aggiungere gli effetti inquinanti di acqua e suolo da parte delle piogge acide su foreste, zone agricole, ecosistemi marini e lacustri, monumenti, ecc. per non parlare di quelli a lungo termine, come l'effetto serra, il buco dell'ozono e le conseguenze, cui l'umanità sembra non pensare troppo, dell'allegro sfruttamento di risorse non rinnovabili, quindi sempre più care e contese, come mostrano le ricorrenti crisi mondiali che partono dalle zone petrolifere. Per quanto attiene al campo di interesse dell'AIPE, è da rilevare che dei tre grandi settori responsabili dell'impiego dei combustibili, al benessere abitativo deve essere imputato almeno un quarto del loro consumo e quindi ogni intervento inteso a ridurlo è un contributo apprezzabile alla riduzione dell'inquinamento atmosferico e ambientale in genere.

Che l'inquinamento atmosferico in particolare sia strettamente legato al consumo di combustibili per il riscaldamento degli edifici, è facilmente deducibile, osservando l'andamento stagionale di uno dei componenti principali, e certamente il più seguito, dell'inquinamento atmosferico, cioè l'anidride solforosa(SO₂). La fig. 3 mostra l'andamento medio mensile a Milano della concentrazione di SO₂ nell'aria nel decennio 1970-78, come rapporto rispetto alla media annuale; si vede che, mentre in estate la concentrazione si riduce al 20% della media annuale, in inverno essa è mediamente il 180% della media annuale, cioè 9 volte quella estiva.

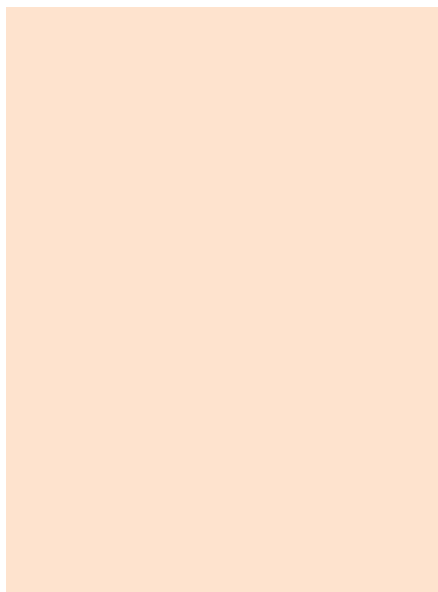


figura 3: andamento tipico annuo delle concentrazioni relative di SO₂ a Milano (1970-1978)

Isolamento termico degli edifici per la riduzione dell' inquinamento atmosferico

È evidente, da quanto detto sopra, il collegamento fra inquinamento atmosferico e consumo di combustibili per il riscaldamento degli edifici e altrettanto evidente è l'importanza di ogni iniziativa volta a ridurre tale consumo.

Ciò può essere fatto seguendo varie strade (sostituzione dei combustibili fossili con energie alternative non inquinanti, miglioramento nella produzione, regolazione e distribuzione del calore, recupero di calore, ecc.), ma una delle strade più dirette e di effetto permanente è senza dubbio la riduzione delle dispersioni termiche dell'edificio mediante un rafforzamento del suo isolamento.

Questo ragionamento vale evidentemente qualunque sia il materiale impiegato per l'isolamento, ma vale la pena di svilupparlo in modo particolare per l'EPS, in quanto materiale coibente fra i più diffusi in edilizia e particolarmente versatile e adatto alla quasi totalità dei casi di isolamento; ciò è specialmente importante per l'impiego nelle opere di ristrutturazione o riabilitazione edilizia delle costruzioni esistenti; infatti un effetto apprezzabile sul consumo globale di combustibili e quindi sull'inquinamento atmosferico si potrà avere soltanto operando in maniera massiccia sul parco edilizio esistente.

Può essere interessante ricercare se vi sono limiti, economici o tecnici, nell'impiego dell'EPS per l'isolamento.

Nel dimensionamento economico dell'isolamento termico si è già messo in evidenza come il limite di convenienza di un isolamento con EPS, cioè quello che massimalizza il valore attuale netto dell'investimento (risparmio annuo attualizzato meno spesa di impianto), si trova per spessori di isolamento nettamente superiori a quelli che oggi prescrive la nostra legislazione per gli edifici nuovi.

Si è anche osservato che per risparmiare energia isolando si deve cominciare a consumare energia per produrre l'isolante ed è legittimo domandarsi se e fino a che limite è favorevole il bilancio energetico relativo. Studi in proposito hanno dimostrato che anche da questo punto di vista l'isolamento ottimale con EPS comporta spessori molto superiori a quelli correnti (più di 30-50 cm!).

La considerazione di limiti così elevati ha indotto a verificare la possibilità tecnica di edifici a basso consumo di energia o al limite di "case a energia zero".

Senza considerare queste ultime, che presuppongono più complessi sistemi di utilizzo delle energie gratuite, le case a bassa energia hanno ricevuto molta attenzione negli ultimi anni, specialmente in Germania e Austria.

La tabella seguente mostra la progressione delle trasmittanze (in $W/m^2 K$) delle costruzioni in Germania, dalla situazione ante 1977, alla casa a bassa energia:

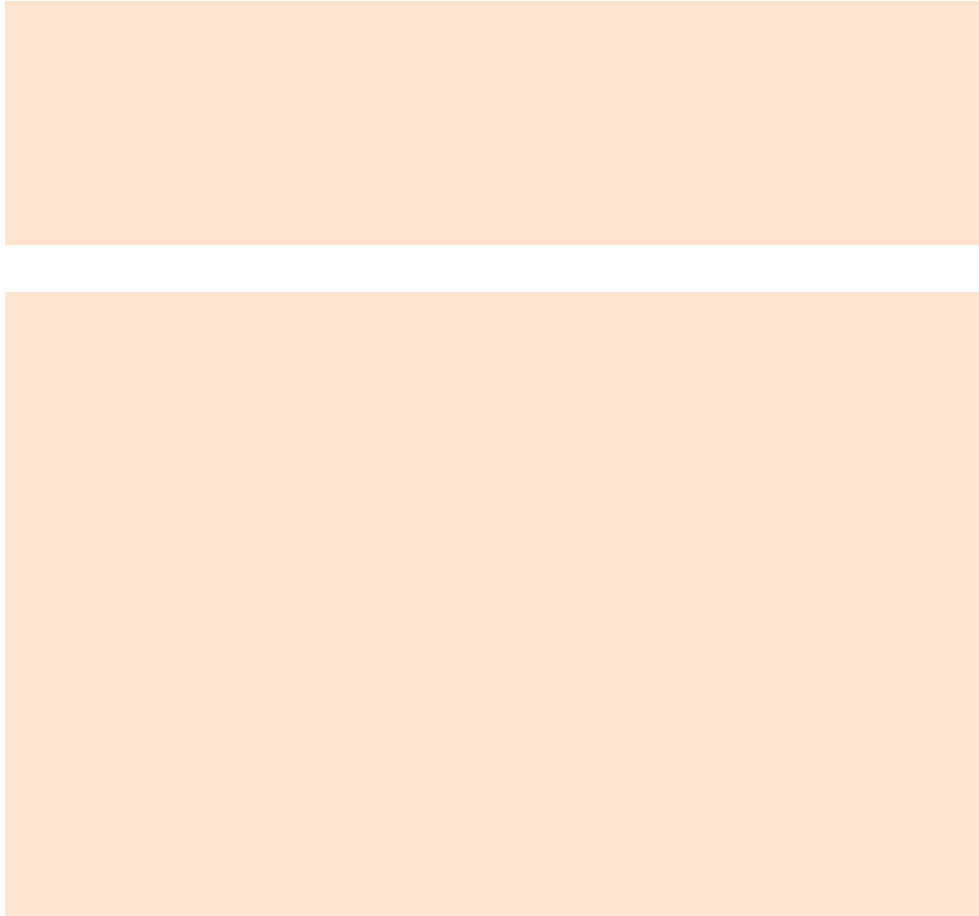


figura 4: conseguenze per il clima del consumo di energia (litri di gasolio o metri cubi di metano; situazione tedesca); emissione di CO₂ per m³ di edificio e per anno.

Le conseguenze, in termini di consumo di gasolio e di emissione di CO₂, delle 4 situazioni della tabella, sono rappresentate visivamente nella fig. 4. La situazione italiana in termini di consumi beneficia peraltro di un clima mediamente più mite. La tendenza è comunque istruttiva per tutti.

L'EPS e la natura

A completamento delle informazioni sui rapporti fra l'EPS e l'ambiente, può valere la pena di dire qualche parola anche sul rapporto fra EPS e animali e piante. Non ci piace se topi o uccelli fanno il nido nel Polistirene, ma questo inconveniente può essere facilmente impedito con provvedimenti costruttivi. D'altra parte questo comportamento mostra che gli animali si trovano bene in tale ambiente. Ciò dipende non soltanto dal confortevole valore di tali nidi, ma anche dalla non pericolosità del materiale. L'istinto degli animali non avrebbe permesso di dimorare in un ambiente, per così dire, velenoso o di fare il nido in tale materiale. Ciò vale in particolare per le api, che sono molto sensibili. Alveolari in EPS favoriscono l'attività di costruzione e di allevamento delle api e contribuiscono ad un sano sviluppo anche delle famiglie deboli. Vasi da fiori e contenitori per piante in EPS, come pure substrati di coltura con EPS, vengono impiegati da più di 40 anni. La letteratura tecnica attesta buone esperienze e risultati nella coltura delle piante e un incremento di crescita anche di specie delicate. Il granulato di EPS è oggi un ovvio componente del terriccio per vasi e, nelle funzioni di drenaggio e areazione del suolo, contribuisce ad un sano e forte sviluppo delle piante. E ancora conviene ricordare, quando si tratta di dimostrare la non pericolosità per la salute dell'EPS, che, in base alle leggi sui contenitori alimentari l'EPS è ammesso ovunque, e larghissimamente impiegato, per bicchieri, cassette da pesce e da frutta, vassoi, ecc.

Comportamento biologico

L'EPS non costituisce nutrimento per alcun essere vivente, microrganismi compresi, quindi non marcisce o ammuffisce. Al più, se molto sporco, in certe condizioni, microrganismi si possono insediare nella sporcizia e l'EPS agisce semplicemente da supporto e non prende parte ai processi biologici. Anche i batteri del suolo non attaccano l'EPS.

L'EPS, come altri materiali di scarsa durezza, può essere roso da piccoli animali e insetti, che ne sfruttano la buona coibenza termica per farvi il nido. Ciò può accadere in particolare in applicazioni agricole (stalle, sili). Si può ovviare con opportune disinfestazioni (tenendo presente la sensibilità dell'EPS ai solventi) o meglio impedendo l'accesso ai roditori con reti inossidabili e agli insetti con intonaci di rivestimento.

Per la sua stabilità chimica e biologica l'EPS non costituisce un pericolo per l'igiene ambientale e per le falde acquifere. Non vi sono controindicazioni al deposito nelle discariche e alla combustione nei forni di incenerimento. L'EPS in opera nella coibentazione edilizia non presenta alcun fattore di pericolo per la salute; si tenga presente in proposito che il Polistirene compatto e l'EPS come materiale da imballaggio sono ammessi dalla legislazione come materiali che possono venire a contatto con le sostanze alimentari. Anche il maneggio e le eventuali lavorazioni meccaniche connesse con la messa in opera dell'EPS sono assolutamente innocui e in particolare non vi è pericolo di inalazione di particelle o di manifestazioni allergiche. Anche le tracce di espandente e di stirolo monomero non polimerizzato che possono essere presenti nell'EPS di recente produzione si disperdono rapidamente e, anche in locali chiusi, non sono più rilevabili a distanza di qualche mese dalla produzione, che è un tempo che comunque decorre fra la produzione dell'EPS e l'occupazione di un edificio.

Comportamento all'invecchiamento

Per invecchiamento di un materiale si intende la variazione (generalmente in peggio) delle sue caratteristiche nel corso del tempo, dovuta a cause interne (tensioni, transizioni strutturali, ecc.) o esterne, sia legate alle sollecitazioni imposte, sia alle condizioni ambientali di impiego. L'ana-

lisi qui svolta delle influenze che i fattori ambientali, come temperatura e umidità, e le sollecitazioni di lavoro hanno sulle caratteristiche dell'EPS mostra che esso può garantire per un periodo illimitato le prestazioni che gli vengono richieste. Ciò è dimostrato da 30 anni di esperienza applicativa su scala vastissima e in particolare da numerose verifiche delle caratteristiche, effettuate sull'EPS in opera da decenni.

Sono quindi da confutare decisamente le voci di scarsa stabilità nel tempo, che si sono spinte fino ad affermare l'esistenza di una "sublimazione", affermazione fisicamente senza senso.

L'origine di queste voci, quando non è da attribuire a concorrenza scorretta, va fatta risalire a pratiche imprenditoriali scorrette, che hanno ritenuto di poter approfittare della difficoltà di verificare l'effettiva applicazione del materiale nelle intercapedini: in effetti tali voci non si riferiscono mai a situazioni più controllabili, anche se oggettivamente più difficili, come l'isolamento esterno sotto intonaco. Naturalmente la migliore assicurazione del permanere nel tempo delle prestazioni dell'EPS è data dall'impiego di materiale a norma, quale AIPOR.

Un fattore ambientale non trattato precedentemente, perché non corrisponde mai ad effettive condizioni di impiego, è l'effetto della radiazione solare ultravioletta.

Questa radiazione, cui l'EPS può trovarsi esposto nel deposito in cantiere e durante la messa in opera, provoca un ingiallimento e infragilimento superficiale, che in molti casi non dà luogo ad alcuna riduzione delle prestazioni, mentre in altri, come nel rivestimento con intonaco, può compromettere l'aderenza della finitura. Una corretta pratica di cantiere evita facilmente questo inconveniente.

Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche dell'EPS si avvicinano a quelle dell'aria, che costituisce la maggior parte del suo volume (costante dielettrica $E = 1,04$). La quasi completa assenza di gruppi polari è evidenziata dal bassissimo angolo di perdita.

Per queste caratteristiche, di scarsa importanza per le applicazioni edilizie in generale, l'EPS aveva suscitato interesse al suo apparire come materiale isolante per alte frequenze.

Lo stirene e la salute dell'uomo

Lo stirene (il monomero da cui si ricava il polistirene espanso) viene fabbricato su scala industriale da oltre 60 anni ed è utilizzato per la produzione di un'ampia gamma di materie plastiche e gomme.

Esso è presente anche in natura; lo si può infatti trovare in numerosi alimenti, fra cui fragole, fagioli, noci, birra, vino, semi di caffè e cannella. Ricerche approfondite miranti a verificare gli effetti dello stirene sulla salute umana hanno dimostrato che esso è del tutto innocuo in condizioni di utilizzo normali.

La sicurezza relativa a questo materiale è garantita dalle severe direttive che ne regolamentano la possibile esposizione sul posto di lavoro; in Francia, ad esempio, il massimo livello consentito è di 50 parti per milione (ppm), mentre in Germania è di 20 ppm. I livelli di stirene attuali sono comunque decisamente inferiori a questi valori-soglia.

Le ricerche volte a identificare i possibili effetti cancerogeni dello stirene negli esseri umani hanno dato esito negativo. Studi di recente pubblicazione eseguiti su 500 operatori esposti per motivi di lavoro allo stirene per un periodo di 45 anni non hanno rilevato alcuna correlazione fra questo materiale e l'insorgenza di patologie cancerose.

Le autorità governative europee e americane hanno stabilito che lo stirene non ha i requisiti per essere classificato "sostanza cancerogena", e infatti esso non compare nell'elenco della direttiva CEE sulle sostanze pericolose (Dangerous Substances Directive).

Il pentano e la fascia di ozono

Per espandere i granuli di polistirene durante la produzione dell'EPS fino a ottenere la nota struttura alveolare viene utilizzato un propellente privo di CFC detto pentano.

Il pentano è un liquido lievemente volatile prodotto in continuazione anche in natura, ad esempio dall'apparato digerente degli animali o durante la decomposizione anaerobica di materiale vegetale da parte di microorganismi.

Chimicamente appartiene alla stessa famiglia dei più noti gas metano, etano, propano e butano, utilizzati come combustibili per riscaldamento.

A causa della sua ridotta stabilità, il pentano liberato durante la produzione di EPS viene rapidamente convertito nell'atmosfera in anidride carbonica e acqua attraverso una reazione fotochimica.

Non contenendo cloro, il pentano non può causare danni alla fascia di ozono, a differenza di altri propellenti quali CFC e HCFC.

Sebbene il pentano liberato durante la produzione e la lavorazione dell'EPS contribuisca alle emissioni di composti organici volatili di origine sintetica (VOC), il suo contributo si aggira intorno allo 0,2%. Volendo dare un termine di confronto, si pensi che la decomposizione dei rifiuti domestici provoca la liberazione di quantitativi molto superiori di gas metano.

La quantità di CO₂ liberata dal pentano utilizzato per produrre i pannelli isolanti in EPS è insignificante se confrontata alle possibilità di risparmio in termini di emissioni: una volta installati, infatti, i pannelli consentono una riduzione delle emissioni tale da compensare in una sola settimana quelle prodotte durante il ciclo di fabbricazione.

Vengono riportati (in sintesi) due documenti per permettere una verifica immediata del livello di pericolosità delle sostanze con cui gli utenti finali possono trovarsi in contatto: lo stirene monomero ed il pentano. I documenti provengono il primo dal Ministero Italiano dell'Ambiente, il secondo dalla conferenza Americana degli igienisti industriali.

Secondo il D.M. 12/7/90 del Ministero dell'Ambiente sia lo stirene che il pentano non vengono classificati come "Sostanze ritenute cancerogene e/o teratogene e/o mutagene" ma semplicemente come "Sostanze organiche sotto forma di Gas/vapori o polveri".

Ministero dell' ambiente

Decreto ministeriale 12 luglio 1990

Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione.

Art. 1

Finalità

1. Il presente decreto stabilisce:

- a) le linee guida per il contenimento delle emissioni degli impianti esistenti come definiti dal combinato disposto dall'art. 2, comma 10, del decreto del Presidente della Repubblica n. 203/88 e dal punto 9 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 21 luglio 1989 di attuazione ed interpretazione del decreto stesso;
- b) i valori di emissione minimi e massimi per gli impianti esistenti;
- c) i metodi generali di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni;
- d) i criteri per l'utilizzazione di tecnologie disponibili per il controllo delle emissioni;
- e) i criteri temporali per l'adeguamento progressivo degli impianti esistenti.

Art. 2

Linee guida per il contenimento delle emissioni

1. Gli impianti devono essere equipaggiati ed eserciti in modo da:

- a) rispettare i valori limite di emissione fissati ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203;
 - b) limitare le emissioni diffuse secondo i criteri stabiliti nell'articolo 3, comma 5, anche tenendo conto delle norme vigenti in materia di sicurezza e di igiene del lavoro;
2. L'allegato 1 fissa i valori di emissione minimi e massimi per le sostanze inquinanti ai sensi dell'art. 3, comma 2, del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203. Per alcuni degli inquinanti emessi da specifiche tipologie di impianti l'allegato 2 fissa valori di emissione minimi e massimi diversi e preminenti rispetto ai corrispondenti dell'allegato 1. Per gli inquinanti non espressamente indicati per le specifiche tipologie di impianti in allegato 2 restano validi i valori in allegato 1.
3. Nei casi in cui negli allegati 1 e 2 siano indicati valori di flusso di massa, i valori limite di emissione devono essere rispettati se i valori di flusso di massa stessi sono raggiunti o superati.
4. Per le raffinerie, gli impianti di combustione con potenza termica nominale pari o superiore a 50 MW e per gli impianti per la coltivazione di idrocarburi e dei fluidi geotermici, si applicano esclusivamente i valori di emissione e le prescrizioni riportati nell'allegato 3.
5. Le regioni fissano i valori limite di emissione ai sensi dell'art. 4, lettera d), del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203, per le sole sostanze previste dal presente decreto e da altri decreti emanati ai sensi dell'art. 3, comma 2, lettera a), del citato decreto del Presidente della Repubblica.
6. Indicazioni sui cicli tecnologici relativi a specifiche tipologie di impianti sono contenute nell'allegato 2.
7. Indicazioni su alcune delle tecnologie disponibili relative agli impianti di abbattimento sono contenute nell'allegato 5.
8. Successivi aggiornamenti ed integrazioni al presente decreto sono stabiliti ai sensi dell'art. 3, comma 2, del decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 203.
9. Le prime integrazioni ed eventuali modifiche saranno stabilite entro il 31 gennaio 1991.
10. Con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, su proposta del Ministro dell'ambien-

te, di concerto con i Ministri del tesoro, della sanità e dell'industria, è istituita a tal fine una commissione composta da:

- due rappresentanti del Ministero dell'ambiente, di cui uno con funzioni di presidente;
- due rappresentanti del Ministero della sanità;
- due rappresentanti del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato;
- due rappresentanti della Presidenza del Consiglio;
- sei rappresentanti delle regioni designati dalla Conferenza Stato-regioni.

Art. 3

Valori limite di emissione

1. Le emissioni possono essere caratterizzate come segue:

- a) per concentrazione: rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e volume dell'effluente gassoso (es. mg/mc);
- b) per flusso di massa: massa di sostanza inquinante emessa per unità di tempo (es. g/h);
- c) per fattore di emissione: rapporto tra massa di sostanza inquinante emessa e unità di misura specifica di prodotto elaborato o fabbricato (es. Kg/t; g/m²);
- d) per altre grandezze indicate nell'allegato 2.

2. I valori limite di emissione espressi in concentrazione e il tenore volumetrico di ossigeno di riferimento si riferiscono al volume di effluente gassoso rapportato alle condizioni fisiche normali (0 C, 0,1013MPa) previa detrazione, ove non indicato espressamente negli allegati, del tenore di vapore acqueo. Ove non indicato diversamente il tenore di ossigeno dell'effluente gassoso è quello derivante dal processo.

3. I valori limite di emissione espressi in concentrazione si riferiscono alla quantità di effluente gassoso non diluito più di quanto sia inevitabile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio. In caso di ulteriore diluizione dell'effluente gassoso le concentrazioni delle emissioni devono essere calcolate mediante la seguente formula:

$$E = \frac{Em \cdot Pm}{P}$$

dove:

Pm = portata misurata

Em = concentrazione misurata

P = portata di effluente gassoso non diluito più di quanto sia inevitabile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio

E = concentrazione riferita alla portata P

4. Le regioni ai fini della valutazione dell'entità della diluizione possono indicare portate di effluente gassoso caratteristiche di specifiche tipologie di impianti. Le regioni comunicano tali indicazioni al Ministero dell'ambiente.

5. Se nell'effluente gassoso il tenore volumetrico di ossigeno è diverso da quello indicato come grandezza di riferimento, le concentrazioni delle emissioni devono essere calcolate mediante la seguente formula:

$$E = \frac{21 - O}{21 - Om} \cdot Fm$$

dove:

Em = concentrazione misurata

E = concentrazione

Om = tenore di ossigeno misurato

O = tenore di ossigeno di riferimento

6. Le regioni, sulla base dei criteri che saranno definiti dalla commissione di cui al precedente art. 2 punto 10, potranno verificare la convogliabilità di specifiche emissioni diffuse, anche avvalendosi degli accertamenti già effettuati dagli ispettorati del lavoro o dagli altri organi tecnici previsti dalla normativa vigente.

7. Ove, il convogliamento non sia tecnicamente attuabile, le emissioni diffuse devono essere adeguate secondo le seguenti modalità:

- al 31 dicembre 1991, conformemente agli allegati 6 e 7, per le sostanze di cui all'allegato 1, punto 1, tabelle A1 e A2;

- al 31 dicembre 1997, conformemente agli allegati 6 e 7, per le sostanze di cui all'allegato 1, punto 2, tabelle B, classi I e II, punto 3, tabella C, classe I, punto 4, tabella D, classe I;

- al 31 dicembre 1997 per le altre sostanze conformemente a quanto previsto con decreto del Ministro dell'ambiente, di concerto con i Ministri della sanità e dell'industria, del commercio e dell'artigianato, da adottarsi entro il 30 ottobre 1990.

8. Le emissioni diffuse provenienti dai depositi di olii minerali e g.p.l., di cui all'art. 11 del regio decreto-legge 2 novembre 1933, n. 1741, convertito dalla legge 8 febbraio 1934, n. 367, rientrano nell'ambito delle vigenti procedure di prevenzione e sicurezza, ed in particolare di quelle previste dalla citata legge n. 367 del 1934.

9. Le regioni, ai fini dell'applicazione dei valori limite di emissione, possono fissare valori di flusso di massa maggiore di quelli indicati negli allegati 1 e 2 per impianti in funzione per meno di 2200 ore annue, utilizzando criteri di proporzionalità.

10. Quando non indicato diversamente, i valori di emissione dell'allegato 1, ferme restando le condizioni di flusso indicate, rappresentano valori minimi; in tali casi il valore massimo di emissione è uguale al doppio del valore indicato.

11. I valori di emissione degli allegati 2 e 3, ferme restando le condizioni di flusso indicate, rappresentano valori minimi e massimi coincidenti quando sono espressi in un unico dato numerico.

12. I valori di emissione espressi in flusso di massa o in concentrazione si riferiscono ad un'ora di funzionamento dell'impianto nelle condizioni di esercizio più gravose.

13. L'autorità competente può, in sede di autorizzazione, consentire che le imprese provvedano alla limitazione delle emissioni attraverso misure compensative tra emissioni di inquinanti uguali o similari appartenenti alla stessa classe derivanti da impianti o linee produttive facenti parte dello stesso stabilimento. Il flusso di massa totale deve comunque essere non superiore a quello che si avrebbe non utilizzando le misure compensative.

14. Durante i periodi di avviamento e di arresto degli impianti e nel caso di cui al comma successivo non si applicano i valori limite di emissione. L'autorità competente in sede di autorizzazione, può stabilire specifiche prescrizioni per tali periodi; può stabilire inoltre periodi transitori nei quali non si applicano valori limite di emissione.

15. In caso di guasto tale da non permettere il rispetto di valori limite di emissione, l'impresa deve provvedere al ripristino funzionale dell'impianto nel tempo più breve possibile e informare immediatamente l'autorità competente, che dispone i provvedimenti necessari.

Allegato 1 (Valori di emissione)

1.1 Sostanze ritenute cancerogene e/o teratogene e/o mutagene (tabella A1)

In via generale le emissioni di sostanze ritenute cancerogene e/o teratogene e/o mutagene devono essere limitate nella maggiore misura possibile dal punto di vista tecnico e dell'esercizio.

Per le sostanze della tabella A1, i valori di emissione, che rappresentano valori minimi e massimi coincidenti, sono:

CLASSE I

Se il flusso di massa è uguale o superiore a 0.5 g/h 0.1 mg/mc

CLASSE II

Se il flusso di massa uguale o superiore a 5 g/h 1 mg/mc

CLASSE III

Se il flusso di massa uguale o superiore a 25 g/h 5 mg/mc

Fermi restando i valori di emissione sopra indicati, ai fini del calcolo di flusso di massa e di concentrazione:

- in caso di presenza di più sostanze della stessa classe le quantità delle stesse vanno sommate;
- in caso di presenza di più sostanze di classi diverse, alle quantità di sostanze della classe II vanno sommate le quantità di sostanze di classe I e alle quantità di sostanze della classe III vanno sommate le quantità di sostanze delle classi I e II.

Fermi restando i valori di emissione sopra indicati, al fine del rispetto del limite in concentrazione:

- in caso di presenza di più sostanze delle classi I e II la concentrazione totale non deve superare il limite della classe II; in caso di presenza di più sostanze delle classi I, II e III, la concentrazione totale non deve superare il limite della classe III.

4. Sostanze organiche sotto forma di gas, vapori o polveri (tabella D)

I valori di emissione sono:

CLASSE I

Se il flusso di massa uguale o superiore a 25 g/h 5 mg/mc

CLASSE II

Se il flusso di massa uguale o superiore a 0.1 Kg/H 20 mg/mc

CLASSE III

Se il flusso di massa uguale o superiore a 2 Kg/h 150 mg/mc

CLASSE IV

Se il flusso di massa uguale o superiore a 3 Kg/h 300 mg/mc

CLASSE V

Se il flusso di massa uguale o superiore a 4 Kg/h 600 mg/mc

Fermi restando i valori limite di emissione sopra indicati, ai fini del calcolo di flusso di massa e di concentrazione:

- in caso di presenza di più sostanze della stessa classe le quantità delle stesse vanno sommate;
- in caso di presenza di più sostanze di classi diverse, alle quantità di sostanze di ogni classe vanno sommate le quantità di sostanze delle classi inferiori (ad es. alle quantità di sostanze della classe III vanno sommate le quantità di sostanze delle classi I e II). Al fine del rispetto del limite in concentrazione:
- in caso di presenza di più sostanze di classe diverse, fermo restando il limite stabilito per ciascuna, la concentrazione totale non deve superare il limite della classe più elevata.

Per le sostanze organiche sotto forma di polvere devono comunque essere rispettate anche le condizioni contenute nel paragrafo 5 (Polveri totali).

Tabella D**Classe I**

Anisidina
Butilmercaptano
Cloropicrina
Diazometano
Dicloroacetilene
Dinitrobenzene
Dinitrocresolo
Esaclorobutadiene
Esaclorociclopentadiene
Esafluoroacetone
Etere diglicidilico
Etilacrilato
Etilenimina
Etilmercaptano
Isocianati
Metilacrilato
Nitroglicerina
Perclorometilmercaptano
1,4 - diossano

Classe II

Acetaldeide
Acido cloroacetico
Acido formico
Acido tioglicolico
Acido tricloroacetico
Anidride ftalica
Anidride maleica
Anilina
Benzilcloruro
Bifenile
Butilacrilato
Butilammina
Canfora sintetica
Carbonio tetrabromuro
Carbonio tetracloruro
Cicloesilammina
Cloroacetaldeide
1-Cloro-1-nitropentano
Cresoli
Crotonaldeide
1,2-Dibutilaminoetanolo
Dibutilfosfato

o-diclorobenzene
1,1-dicloroetilene
Dicloroetiletere
Diclorofenolo
Diclorometano
Dietilammina
Difenilammina
Diisopropilammina
Dimetilammina
Etilammina
Etanolammina
2-etossietanolo
2-etossietilacetato
Fenolo
Stirene

Classe V

Acetone
Alcool etilico
Butano
Cicloesano
Cicloesene
Cloropentano
Clorobromometano
Clorodifluorometano
Cloropentafluoroetano
Dibromodifluoroetano
Dibutiletere
Diclorofluorometano
Diclorotetrafluoroetano
Dietiletere
Diisopropiletere
Dimetiletere
Eptano
Esano tecnico
Etere isopropilico
Etilacetato
Metilacetilene
Metilcicloesano
Pentano
1,1,1,2 Tetracloro 2,2 difluoroetano
1,1,1,2 Tetracloro 1,2 difluoroetano
Triclorofluorometano
1,1,2 Tricloro 1,2,2 trifluoroetano
Trifluorometano
Trifluorobromometano

Il documento degli igienisti industriali americani propone invece indici con valori limiti riferiti alla permanenza dell'uomo in presenza delle sostanze ivi citate.

“Criteri per l’ utilizzo dei TVL e degli IBE”

(Approvati dal Consiglio Direttivo ACGIH, Marzo 1988)

I TLV, Valori Limite di Soglia e gli IBE, Indici Biologici di Esposizione, vengono forniti come linee guida per agevolare il controllo dei rischi per la salute. Non è ammesso che singole persone o organizzazioni impongano un proprio punto di vista su cosa i TLV o gli IBE siano o su come debbano essere applicati, ovvero attribuiscono valore normativo di standard ai TLV ed agli IBE.

Definizioni

Sono previste tre categorie di TLV:

a) *Valore limite di soglia- media ponderata nel tempo (TLV-TWA)*: concentrazione media ponderata nel tempo, su una giornata lavorativa convenzionale di otto ore e su 40 ore lavorative settimanali, alla quale tutti i lavoratori possono essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno, senza effetti negativi.

b) *Valore limite di soglia - limite per breve tempo di esposizione (TLV-STEL)*: concentrazione alla quale i lavoratori possono essere esposti continuativamente per breve periodo di tempo, purché il TLV-TWA giornaliero non venga superato, senza che insorgano: 1) irritazione, 2) danno cronico o irreversibile del tessuto, 3) riduzione dello stato di vigilanza di grado sufficiente ad accrescere le probabilità di infortuni o influire sulle capacità di mettersi in salvo o ridurre materialmente l’efficienza lavorativa, sempre nel presupposto che il TLV-TWA non venga superato. Il TLV-STEL non costituisce un limite di esposizione separato indipendente, ma piuttosto integra il TLV-TWA di una sostanza la cui azione tossica sia principalmente di natura cronica, qualora esistano effetti acuti riconosciuti.

Gli STEL vengono raccomandati quando l’esposizione umana o animale ad alta concentrazione per breve durata ha messo in evidenza effetti tossici. Uno STEL viene definito come esposizione media ponderata su un periodo di 15 minuti, che non deve mai essere superata nella giornata lavorativa, anche se la media ponderata su 8 ore è inferiore al TLV. Esposizioni al valore STEL non devono protrarsi oltre i 15 minuti e non devono ripetersi per più di quattro volte al giorno. Fra esposizioni successive al valore STEL, devono intercorrere almeno 60 minuti. Un periodo di mediazione diverso dai 15 minuti può essere consigliabile se ciò è giustificato da effetti biologici osservati.

c) *Valore limite di soglia-Ceiling (TLV-C)*: concentrazione che non deve essere superata durante l’attività lavorativa nemmeno per un brevissimo periodo di tempo.

Nella pratica convenzionale di igiene industriale, il campionamento istantaneo non sempre è possibile; pertanto, per la valutazione di un TLV-C si può ricorrere al campionamento della durata di 15 minuti, eccezione fatta per quelle sostanze che possono dare luogo, anche per esposizioni particolarmente brevi, a fenomeni irritativi immediati.

Conversione dei TLV da ppm a mg/mc

I TLV per gas e vapori vengono di norma fissati in termini di parti per milione in volume (ppm) di sostanza in aria. Per convenienza dell’utilizzatore i TLV vengono elencati nella tabella dei TLV anche in termini di milligrammi per metro cubo (mg/mc) di sostanza in aria, in cui 24,45 rappresenta il volume molare in litri, in base alla formula:

$$\text{TLV in mg/mc} = \frac{(\text{TLV in ppm}) (\text{peso molecolare in grammi})}{24,45}$$

La conversione, invece, da mg/mc a ppm si può effettuare mediante la seguente formula:

$$\text{TLV in ppm} = \frac{(\text{TLV in mg/mc}) (24,45)}{(\text{peso molecolare in grammi})}$$

SOSTANZA	ANNO CAS n°	TWA ppm(a)	ADOTTATI mg/mc(b)	STEL/C ppm(a)	ADOTTATI mg/mc(b)
Pentano (tutti gli isomeri)	1976 109-66-0**°	600	1770	(750)	(2210)
Stirene monomero (Vinil benzene)	1981 100-42-5**.	(50)	(213)	(100)	(426)

Il fuoco

1. La reazione al fuoco

La reazione al fuoco riguarda essenzialmente i materiali di finitura, rivestimento ed arredamento. Essa comprende tutti gli aspetti della fase iniziale di un incendio, dall'accensione alla propagazione della fiamma, allo sviluppo di fumi.

Nella trattazione classica, essa viene suddivisa nei seguenti parametri:

- non combustibilità
- accendibilità
- velocità di propagazione della fiamma
- sviluppo di calore nell'unità di tempo
- opacità dei fumi.

A ciascuno di questi parametri corrisponde nella normativa internazionale un metodo di prova specifico.

Nella normativa italiana, e cioè nel Decreto 26 giugno 1984, i parametri sono:

- tempo di post-combustione
- tempo di post-incandescenza
- zona danneggiata
- gocciolamento.

In base ai risultati di prova si ricavano i livelli per ciascuno di questi parametri, che opportunamente pesati danno la categoria del materiale di prova.

Combinando le categorie nel modo indicato nel decreto si ottengono le classi di reazione al fuoco, da 1 a 5 in senso peggiorativo. La classe 0 indica i materiali incombustibili.

Materiali plastici

L'impiego delle materie plastiche in edilizia ed in altri settori è andato continuamente aumentando negli ultimi vent'anni soprattutto per ragioni di praticità, di comfort, di convenienza e di risparmio energetico. Il loro volume in un tipico edificio è ormai uguale all'ammontare di tutti gli altri materiali organici, come legno, tessile, vernici, carta e simili.

Rispetto al calore i plastici hanno due comportamenti completamente diversi che caratterizzano le due grandi classi in cui si suddividono questi materiali: termoplastici e termoindurenti.

I termoplastici rammolliscono o fondono nel riscaldamento, mentre i termoindurenti, grazie alla loro struttura molecolare tridimensionale, tendono a reticolare ulteriormente ed a carbonizzare in superficie, ostacolando così l'accensione.

Fra i termoplastici, i più comunemente impiegati in edilizia sono il PVC, i polimeri stirenici (PS, ABS), le poliolefine, il polimetilmetacrilato (PMMA), il policarbonato.

Fra i termoindurenti, il poliestere insaturo è di gran lunga il materiale più usato in edilizia, mentre le resine fenoliche ureiche e melamminiche sono usate come collanti per il legno e come leganti delle fibre minerali per i pannelli isolanti. Fra i termoindurenti vanno inclusi i poliuretani rigidi, sia compatti che espansi. Nelle prove di laboratorio i plastici si comportano in modo non molto diverso dagli altri materiali organici.

Per esempio si accendono a temperature più elevate dei prodotti naturali, come si può vedere nella Tab.1, ma hanno un potere calorifico notevolmente più alto Tab. 2.

Nella classificazione della reazione al fuoco secondo la normativa italiana, i plastici grazie alla loro natura diversificata vanno dalla classe 1 alla classe 5.

I tipi proposti per le differenti applicazioni sono però tutti additivati antifiamma, per cui rientrano quasi tutti nelle classi migliori.

Nella Tab. 3 sono riportate alcune classificazioni di plastici tal quali ed additivati con ritardanti di fiamma. In conclusione, i plastici possono essere usati come gli altri materiali, senza particolari problemi quando:

- l'impiego è appropriato
- si seguono le indicazioni del produttore
- si conoscono bene le proprietà
- si osservano le norme di prevenzione incendi.

Ritardanti di fiamma

Un ritardante di fiamma dovrebbe inibire o addirittura bloccare il processo di combustione. A seconda della loro natura i ritardanti di fiamma possono agire chimicamente e/o fisicamente nella fase solida, liquida o gassosa.

Essi interagiscono col processo, ad es. durante il riscaldamento, la decomposizione, l'accensione o la propagazione della fiamma.

È ormai riconosciuto da tutti che i ritardanti di fiamma che agiscono per via chimica sono più efficaci di quelli che agiscono per via fisica.

Azione fisica

Ci sono molti modi in cui un processo di combustione può essere ritardato per via fisica:

- Per raffreddamento.

Si sviluppano processi endotermici che raffreddano il substrato ad una temperatura inferiore a quella necessaria per sostenere il processo di combustione.

- Per formazione di uno strato protettivo.

Lo strato di combustibile può essere separato dalla fase gassosa per mezzo di uno strato protettivo solido o gassoso e così si raffredda, sviluppando meno gas di pirolisi. L'ossigeno non può più arrivare nella zona di combustione, che così si estingue.

- Per diluizione.

L'incorporazione di sostanze inerti e di additivi, che sviluppano gas inerti per decomposizione, diluisce il combustibile nella fase solida e gassosa, cosicché non si supera il limite di accensione della miscela gassosa.

Azione chimica

Le più importanti reazioni chimiche che interferiscono col processo di combustione avvengono nella fase solida e gassosa.

- Reazione in fase gassosa. Il meccanismo radicalico del processo di combustione, che avviene nella fase gassosa, viene interrotto dal ritardante di fiamma.

Si bloccano così le reazioni esotermiche, il sistema si raffredda e si riduce o sopprime l'apporto di gas infiammabili.

- Reazione nella fase solida. Qui possono avvenire due tipi di reazione.

In primo luogo la degradazione del polimero può essere accelerata dal ritardante di fiamma per cui si ha una forte colata del polimero, che così si sottrae alla zona di influenza della fiamma.

In secondo luogo il ritardante di fiamma provoca la formazione di uno strato di carbone sopra la superficie del polimero. Questo può avvenire ad esempio mediante l'azione deidratata del ritardante di fiamma, che genera doppi legami nel polimero.

Questi formano lo strato carbonioso attraverso reazioni di ciclizzazione e reticolazione.

Principali prodotti

- Composti alogenati. Sono efficaci soltanto quelli contenenti cloro e bromo, quest'ultimo essendo migliore. La loro azione si esplica in fase gassosa per interferenza col meccanismo radicalico. La loro efficacia dipende naturalmente dal tipo di polimero a cui sono aggiunti e dal modo in cui sono incorporati. Il composto di gran lunga più impiegato è il decabromodifenilettere.

- Sinergismo alogeno-antimonio.

L'ossido di antimonio Sb_{2O_3} , il solo composto impiegato commercialmente, non mostra apprezzabile azione ritardante di fiamma per conto suo, mentre insieme coi composti produce un marcato effetto sinergico. Le reazioni più importanti avvengono nella fase gassosa, ma si ha anche formazione di uno strato carbonioso sopra il polimero.

- Composti contenenti fosforo. Mentre i composti alogenati agiscono nella fase gassosa, i composti fosforati influenzano le reazioni che avvengono nella fase condensata (substrato di combustione). Essi sono particolarmente attivi nei materiali con elevato contenuto di ossigeno, come la cellulosa (legno).

- Sinergismo fosforo-azoto.

L'effetto sinergico di fosforo e azoto è stato definitivamente provato nei prodotti celluloseici.

I composti azotati, come l'urea, facilitano la fosforilazione della cellulosa, che è l'inizio della formazione dello strato carbonioso.

- Idrossido di alluminio.

Attualmente l'idrossido di alluminio è il ritardante di fiamma più impiegato per i plastici, per il suo basso costo e per la facilità di incorporazione.

A $180 \div 200$ °C questo composto si disidrata con reazione endotermica ed agisce:

- raffreddando il polimero
- formando uno strato protettivo
- diluendo la fase gassosa con vapore
- Composti contenenti boro.

Sono efficaci nella fase condensata ed in alcuni casi anche nella fase gassosa. Il loro maggior impiego è nei composti celluloseici. Come l'idrossido di alluminio agiscono per raffreddamento e sviluppano il vapore.

- Altri composti inorganici.

Fra i molti composti provati, i carbonati basici idrati di alluminio e magnesio hanno avuto abbastanza successo, specialmente col PVC.

Il gesso ha solo azione diluente poiché, essendo stabile fino a 900°C, non può svolgere azione ritardante di fiamma nella zona di temperatura fra 200 e 400 °C, dove avvengono le reazioni di pirolisi.

Materiali isolanti

Il comportamento al fuoco dei materiali isolanti dipende ovviamente dalla loro natura chimica.

I materiali inorganici come le argille espanse o i pannelli minerali sono incombustibili e pertanto non presentano alcun problema per la prevenzione incendi. I pannelli di vermiculite e di perlite possono anche diventare combustibili se il loro contenuto di legante organico supera un certo limite, specialmente per la perlite combinata con fibre celluloseiche, che in Germania viene classificata B2.

Anche le fibre minerali presentano questo problema. Sia per la lana di vetro che per la lana di roccia quando il contenuto di legante supera un certo valore, espresso in questo caso in Kg per mc di pannello. I materiali più critici da questo punto di vista sono gli espansi plastici, che sono tutti combustibili. Pertanto per essere utilizzati in edilizia, essi devono essere tutti additivati con ritardanti di fiamma ed in questo modo riescono a posizionarsi nelle migliori classi di reazione al fuoco, sia in Italia che nei principali Paesi Europei.

Le schiume termoplastiche, come il polistirolo espanso, si ritirano rapidamente quando sono in vicinanza di un fuoco e, se sono opportunamente additate antifiamma, si sottraggono alla sor-

gente d'innesco senza accendersi.

Le schiume termoindurenti invece non si ritirano di fronte al calore, perchè hanno una struttura tridimensionale reticolata, però i tipi ritardanti di fiamma presentano un'elevata tendenza a carbonizzare, formando un'intumescenza che in genere riesce a spegnere la fiamma. Fra gli espansi plastici per isolamento termico, quelli di gran lunga più usati sono il polistirolo ed il poliuretano, a cui seguono le resine fenoliche, il PVC, l'ureaformaldeide, il polietilene.

A conclusione di questo paragrafo è bene ricordare che nella regolamentazione italiana e precisamente nel Decreto 26 giugno 1984 i materiali isolanti occupano un capitolo a parte (allegato A2.2) in cui sono date le definizioni dei vari stati in cui il materiale si può presentare nell'applicazione.

■ Materiale isolante: è il manufatto commercializzato come tale individuabile tramite la sua denominazione commerciale.

■ Componente isolante: nei materiali isolanti è l'elemento o l'insieme di elementi, che hanno come funzione specifica quella di isolare.

Questo vuol dire ad esempio che un pannello di poliuretano espanso ricoperto da un rivestimento metallico, un pannello sandwich di polistirolo espanso e cartongesso, un pannello di fibra di vetro rivestito di carta craft sono tutti materiali isolanti, mentre le sostanze polistirolo espanso, poliuretano espanso, lana di vetro sono chiamati componenti isolanti.

La determinazione della classe di reazione al fuoco per questi materiali viene determinata in Italia, come in quasi tutti gli altri Paesi Europei, con i metodi di prova comunemente impiegati per i materiali da costruzione. Poichè questi metodi, come il CSE-RG2 ed RF3 investono il materiale in esame soltanto sulla superficie, la valutazione dei materiali, come definiti sopra, mette in evidenza soltanto il comportamento del rivestimento superficiale, senza rivelare le caratteristiche dell'eventuale espanso all'interno.

Per questo motivo si è imposta, per i materiali compositi, la doppia classificazione, prescrivendo anche l'esecuzione della prova sul componente isolante senza il rivestimento.

Carico d'incendio

Il carico di incendio viene calcolato con la formula seguente:

$$q = \frac{g \times H}{4400 A}$$

q = carico di incendio espresso in quantità equivalente di legna standard in Kg legna/m²

g = peso in Kg del materiale di cui si vuole calcolare il carico di incendio

H = potere calorifico superiore espresso in Kcal/Kg del materiale considerato

A = superficie orizzontale in m² del locale ove è presente il materiale considerato

4400 = potere calorifico superiore del legno in Kcal/Kg

Un esempio di calcolo per il polistirolo espanso sinterizzato può essere il seguente:

magazzino di imballi con superficie di A = 500 m²

materiale EPS contenuto nel magazzino g = 6000 Kg

potere calorifico superiore di EPS pari a H = 10000 Kcal/Kg

Il carico di incendio nel locale dovuto solo all'EPS sarà:

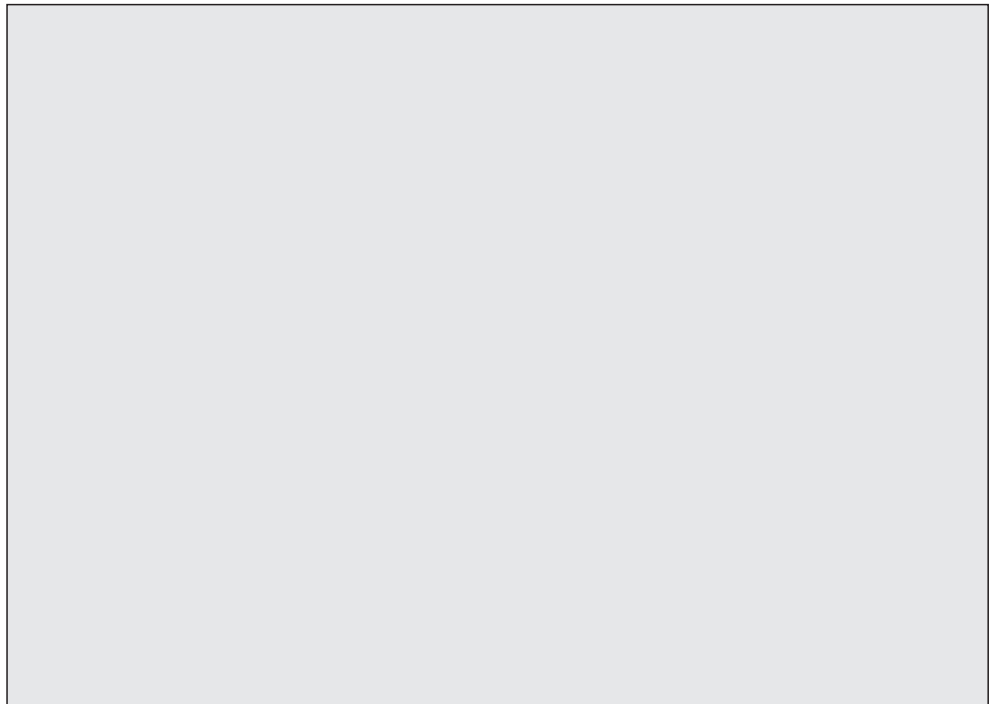
$$q = \frac{g \times H}{4400 A} = \frac{6000 \times 10000}{4400 \times 500} = 27 \text{ Kg legna/m}^2$$

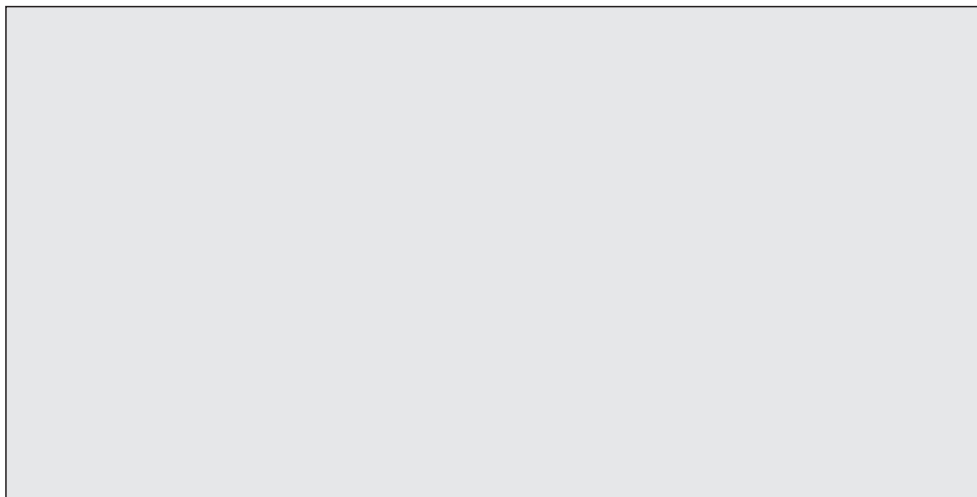
Il metodo sopra riportato deriva dalla Circolare n.91 del Ministero degli Interni del 19/9/61.

Tabella 1
Temperature di accensione dei diversi materiali secondo ASTM D 1929



Tabella 2
Calore di combustione di plastici e prodotti naturali



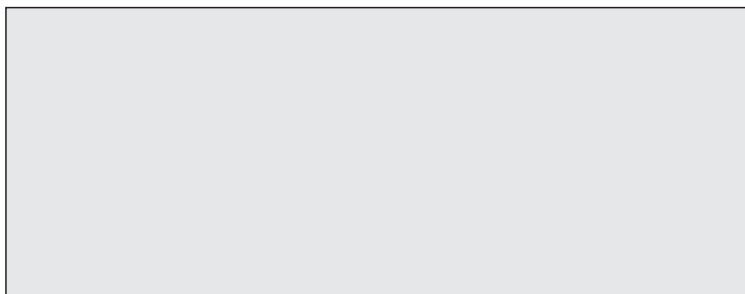


2. L'EPS e il fuoco

La reazione al fuoco dell'EPS é in relazione, da una parte, con la sua natura chimica di idrocarburo, dall'altra con la particolare struttura fisica di termoplastico cellulare.

Dal primo punto di vista, essendo composto esclusivamente di carbonio e idrogeno, l'EPS é un materiale che brucia completamente e i prodotti della sua combustione completa sono soltanto anidride carbonica e acqua. L'innesco della combustione presuppone la formazione, per effetto di calore esterno, dei prodotti gassosi di decomposizione dell'EPS, che ha inizio intorno ai 230-260 °C, ma, in assenza di sorgenti esterne, soltanto fra 450 e 500 °C si ha la loro accensione spontanea. Si richiede quindi una certa quantità di energia per l'accensione; in pratica, per es. scintille di saldatura o elettrostatiche o particelle di tabacco accese non bastano per avviare la combustione. La particolare struttura termoplastica cellulare fa poi sì che l'espanso, sotto l'azione del calore, tenda a contrarsi per collasso delle cellule e quindi ad allontanarsi dalla sorgente di calore, molto prima che cominci la decomposizione; anche questo contribuisce a ritardare l'accensione. Per quanto riguarda lo sviluppo di calore, questo ammonta, in caso di combustione completa, a circa 40.000 KJ/Kg (= 9.500 Kcal/Kg). Un Kg di EPS rappresenta quindi un carico d'incendio di quasi 2 Kg di legna di potere calorifico convenzionale di 4400 Kcal/Kg, secondo la definizione del D.M. 30.11.83. In pratica le quantità in peso dell'EPS che si impiegano sono sempre modeste, dati i suoi valori di massa volumica, e un confronto più significativo può essere dedotto a parità di spessore, come mostra la tabella seguente.

Calore di combustione e carico d'incendio di 1 m² di materiale in spessore di 1 cm.



Se la reazione al fuoco dell'EPS viene valutata secondo D.M. 26.6.84, il criterio di classificazione del Quadro 2, l'EPS si colloca nella classe 5, la più bassa. Fra gli aspetti che influiscono su questa classificazione, oltre le modalità di propagazione della fiamma dopo l'innesco (anche se non così veloce come per certi materiali facilmente infiammabili), vi è pure la formazione di gocce incendiate.

Queste osservazioni hanno valore soprattutto nei casi in cui l'EPS è applicato in vista, che costituiscono peraltro una minima parte delle sue applicazioni. Nella generalità dei casi l'EPS è contenuto all'interno di un sistema (intercapedine muraria, getto di calcestruzzo, rivestimento di cartongesso, ecc.); anche l'isolamento a cappotto, in cui l'EPS si trova sotto pochi millimetri di intonaco, è considerato ufficialmente "materiale isolante non in vista". In tutti questi casi l'EPS è sottratto ad un possibile contatto diretto con una causa d'innesco, oltre che al contatto con l'aria necessaria alla sua combustione (che è da 100 a 200 volte il proprio volume, secondo la massa volumica). È tuttavia possibile migliorare in modo sostanziale il comportamento al fuoco dell'EPS, mediante l'introduzione, nella formulazione dell'espandibile, di un opportuno additivo (di solito un composto bromurato), in ragione di qualche per cento, che non ne altera (anzi di solito migliora leggermente) tutte le caratteristiche fisiche, meccaniche, di durabilità e in particolare di conducibilità termica, ma fa sì che il materiale, nelle prove secondo il D.M. 26.6.84 si collochi nella classe 1, la più elevata dei materiali combustibili, per la quale sussistono poche limitazioni di impiego.

Caratteristica del comportamento alle prove regolamentari di questo tipo di EPS, detto "a migliorato comportamento al fuoco" (chiamato anche "a ritardata propagazione di fiamma" o "autostinguente"), è che esso non brucia in assenza di fiamma d'innesco; inoltre esso non produce gocce incendiate.

Questo risultato è ottenuto senza alcun cambiamento nella tecnologia di produzione dell'espanso e con aumento di costo molto piccolo rispetto al tipo normale. Per questa ragione l'AIPE cerca di promuovere l'impiego generalizzato in edilizia dell'EPS a migliorato comportamento al fuoco. In effetti ciò rappresenterebbe, oltre che una maggiore sicurezza offerta dal materiale in opera, anche una maggior sicurezza nei depositi, sia del produttore, che del distributore e del cantiere, nonché una semplificazione del mercato e della gestione del materiale. In altri paesi queste motivazioni sono state già ampiamente recepite, tanto che in alcuni di essi (per es. Germania Federale), è consentito l'impiego nelle costruzioni del solo EPS a migliorato comportamento al fuoco. La norma UNI 7819 sull'EPS per isolamento termico in edilizia, è perfettamente allineata con quanto prescrive il D.M. 26.6.84.

Infatti essa prevede, per tutte le masse volumiche considerate un tipo contrassegnato dalle lettere RF, che deve soddisfare alle prescrizioni del citato Decreto per la classe 1. Rispetto alla metodologia generale di prova del Decreto, la UNI 7819 aggiunge la precisazione che le prove previste dal Decreto devono essere eseguite su materiali condizionati 7 giorni a 70°C; ciò serve ad accelerare, sul materiale di recente produzione e specialmente per gli spessori più elevati, l'emissione di piccole quantità residue di espandente (pentano), che comunque l'EPS perde spontaneamente in qualche mese; la presenza di questa sostanza volatile potrebbe altrimenti in qualche caso influire sul risultato delle prove su materiale fresco.

La norma UNI 7819, in vista del suo impiego in un sistema di controllo e certificazione della qualità del prodotto, distingue prove di accettazione (8PA), destinate all'autocontrollo presso il produttore, prove di tipo (PT), obbligatorie per l'Istituto di certificazione, e prove di sistema (PS), che possono essere richieste per fini particolari.

La rispondenza alla classe 1 di reazione al fuoco (quindi la categoria 1 in entrambe le prove ministeriali), è compresa per l'EPS tipo RF, fra le prove di sistema, mentre per le prove di tipo è prevista soltanto la verifica della categoria 1 per la prova alla piccola fiamma CSE/RF2.

L'Istituto Italiano dei Plastici, che gestisce su mandato dell'UNI il Marchio di conformità alle norme per le materie plastiche, richiede, per l'ammissione al Marchio sull'EPS tipo RF, il possesso della omologazione ministeriale, oppure delle corrispondenti certificazioni, rilasciate da

uno dei laboratori autorizzati, mentre, in conformità alla norma, per i suoi controlli periodici (almeno due volte l'anno) si limita a controllare il comportamento alla prova alla piccola fiamma.

Si può anzi affermare che il possesso del Marchio iiP per l'EPS tipo RF è una garanzia supplementare, rispetto alla semplice esibizione della omologazione, proprio in virtù del sistema di controllo continuo da parte di un Ente terzo, cui è sottoposto il prodotto marchiato.

Il marchio iiP garantisce anche che tutte le altre caratteristiche fisiche e meccaniche hanno livelli conformi alla norma.

Le lastre sono riconoscibili per la marcatura, che portano sul fianco, (fig. 1) caratterizzata, accanto al marchio iiP nel calore stabilito per le varie masse volumiche, da una striscia rossa in cui sono inserite le lettere RF. L'EPS, in quanto materiale organico, è anch'esso origine di fumi in caso d'incendio.

Per questa caratteristica comune, non essendo pensabile di eliminare la presenza di prodotti organici negli edifici, la difesa dagli effetti dei fumi è in generale piuttosto quella di controllare la loro diffusione, favorendola lungo certi percorsi e impedendola in altre direzioni. In modo sintetico e conciso vengono riportati i comportamenti al fuoco dell'EPS:

1. Caratteristiche generali

Ad una esposizione dell'EPS a temperature superiori a 100°C inizia a diventare morbido e quindi se la temperatura rimane costante si trasforma in fluido viscoso. A temperature superiori inizia a decomporsi sotto forma di gas.

Con prova secondo ASTM D1929 ovvero con la presenza di fiamma pilota l'EPS normale inizia a bruciare a 360°C mentre il tipo RF a 330°C.

Queste temperature indicano che al di sotto di tale valore non si sprigionano gas combustibili.

In assenza di fiamma, la temperatura di autocombustione è di 450°C.

2. Pentano

Il pentano utilizzato per realizzare l'espansione viene totalmente perso durante la fase immediatamente successiva la fabbricazione e quindi non influenza le caratteristiche dell'EPS.

3. EPS normale

Dopo l'innesco della fiamma brucia con la faccia esposta per completare poi la combustione di tutto il materiale. Le basse densità bruciano più velocemente a causa della alta quantità di aria contenuta in esso.

4. EPS RF

La presenza degli additivi per il ritardo della fiamma permette un significativo miglioramento del comportamento. L'EPS RF contiene una piccola quantità di additivo a base di bromo. Questo crea una contrazione del volume quando il materiale va a contatto con la fiamma.

Una volta eliminata la fiamma (ovvero la causa di innesco) il materiale non produce né fiamma né continua a bruciare.

5. Fumo e gas prodotti durante la combustione

Durante la combustione l'EPS produce fumo di colore scuro.

Per verificare la pericolosità dei fumi prodotti si devono combinare due effetti in modo opportuno:

- prodotti dalla decomposizione termica
- effetti biologici dei prodotti di decomposizione.

Un metodo per tenere conto di questi due aspetti è attuato dalla norma DIN 53436.

Un'analisi condotta in parallelo per alcuni materiali ha evidenziato i prodotti della decomposizione termica.

6. Residui della combustione e pulizia dopo incendio

Le emissioni ed i residui dell'EPS dopo combustione non presentano particolare danno all'ambiente. Anche l'acqua utilizzata per lo spegnimento di un incendio di EPS non contiene prodotti tossici o nocivi.

La pulizia dopo incendio può essere così condotta:

- aspirazione di polveri con aiuto di spazzola
- pulizia delle superfici con detergenti alcalini.



figura 1: marchio iiP per l'EPS tipo RF



3. Come confrontare i materiali durante la combustione

Il confronto razionale ed omogeneo degli innumerevoli materiali che si riscontrano nel settore delle costruzioni è realmente difficile. Materiali con provenienza totalmente diversificata come mattoni, tessuti naturali, materiali di sintesi ed ancora più complessa la materia diviene se si introduce la massa dei materiali come ad esempio compatti, espansi a pluri camere. Per analizzare quindi in modo omogeneo tutte queste diversità si è pensato di proporre l'utilizzo di un coefficiente che tenesse conto delle caratteristiche principali del materiale. Un confronto ragionevole può derivare solo se si confrontano i materiali con più di una caratteristica. Ad esempio i materiali isolanti di natura sintetica come l'EPS presentano al loro interno celle con una grande quantità di aria, peso limitato e volumi notevoli. Esattamente l'opposto avviene per i materiali quali il cotto ed il calcestruzzo. Per ciò che riguarda l'EPS la presunta elevata infiammabilità deriva dagli elevati volumi e dalla elevata quantità di aria in essi contenuti. D'altra parte è noto che l'aria necessaria per la corretta combustione è una funzione che cresce con la massa del materiale che partecipa all'incendio. La quantità di aria necessaria per una completa combustione di EPS in funzione della densità è la seguente:

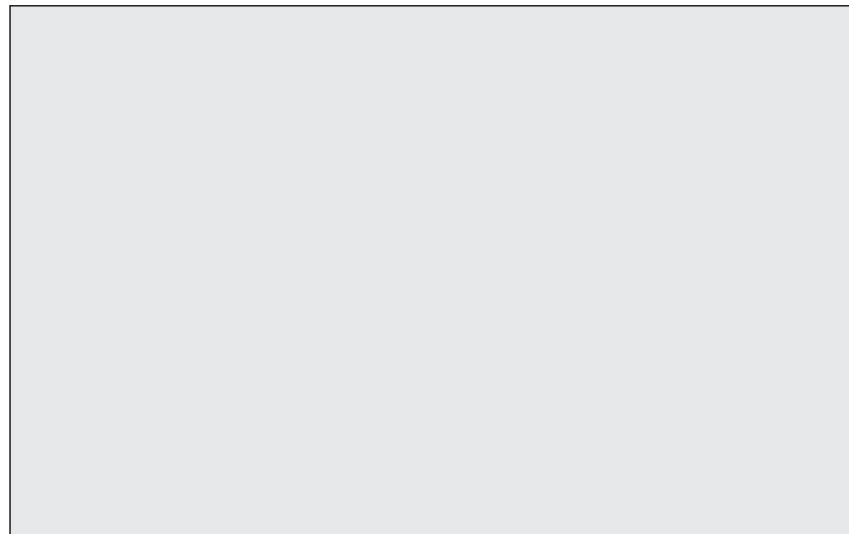


figura 2: struttura chimica del Polistirene

Una seconda considerazione che deve essere apportata è relativa al fatto che i materiali cellulari come l'EPS sono per natura dei buoni isolanti termici. Per temperature "normali" (non durante un incendio) il parametro che viene utilizzato per definire il livello di isolamento termico è la conducibilità " λ " oppure la trasmittanza " μ ".

Nella situazione di alte temperature, come in un incendio, le caratteristiche di isolamento termico e di stoccaggio di calore all'interno del materiale influenzano il livello di penetrazione del calore all'interno del materiale stesso.

Con queste premesse è ragionevole introdurre il concetto di "tempo caratteristico" T_s dato da:

$$T_s = \lambda \rho c$$

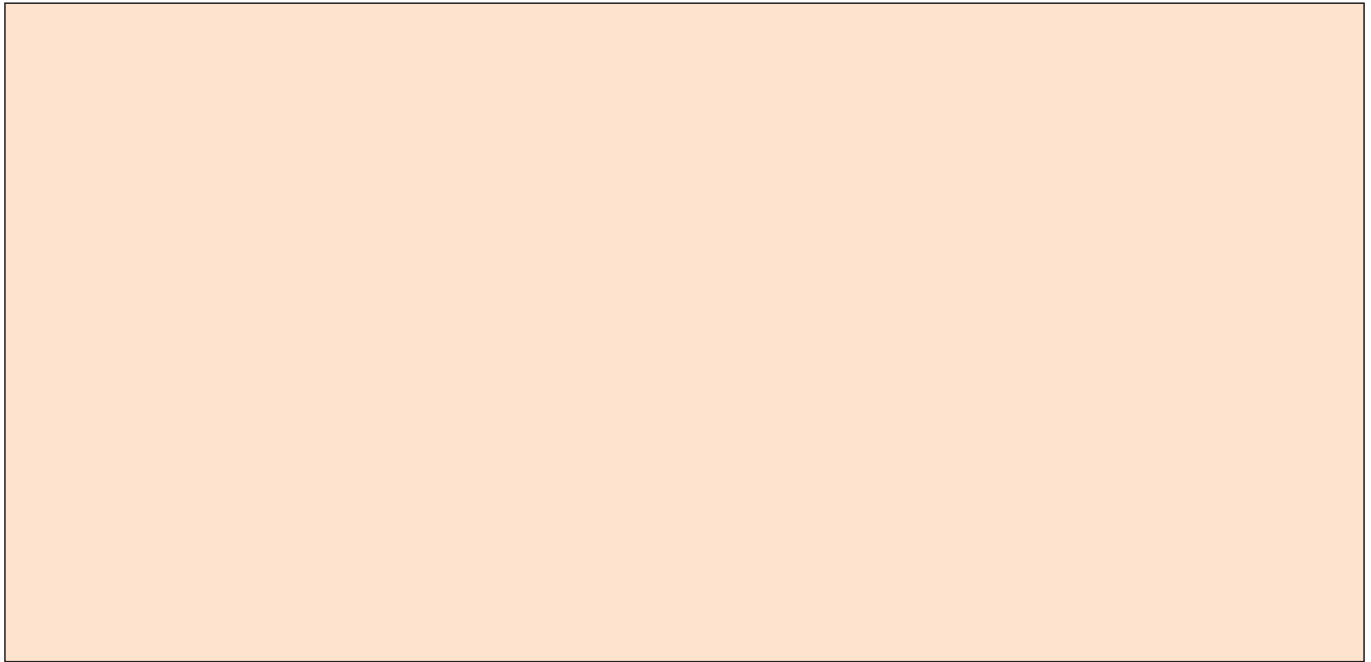
dove:

λ = conducibilità

ρ = densità

c = calore specifico

Calcolando T_s per differenti materiali si ottiene:



Il valore di T_s deve essere il più piccolo possibile per evidenziare un materiale di ottimo comportamento globale. Ad esempio il valore T_s per l'EPS è di 1700 volte più piccolo rispetto al mattone. Una conseguenza evidente di T_s è il valore della temperatura superficiale del materiale che sarà tanto più elevata tanto più elevato sarà il prodotto $\lambda \rho c$.

I fumi

La pericolosità e tossicità dei fumi

La pericolosità dei fumi in caso di incendio presenta un duplice aspetto:

- l'opacità che, provocando oscuramento, ostacola o impedisce sia la fuga delle persone che l'arrivo dei soccorsi;
- la tossicità, che colpisce direttamente le vittime provocandone diversi livelli di danno fino alla morte.

Come si è già detto in precedenza l'opacità dei fumi è un parametro della reazione al fuoco, mentre la tossicità costituisce un argomento a se stante. Per l'opacità dei fumi sono stati studiati diversi modi di determinazione ed attualmente il metodo più diffuso nel mondo è quello basato sulla Camera NBS americana (NBS= National Bureau of Standards). Esiste anche un'alternativa europea per misurare questo parametro e precisamente la camera ISO sviluppata da laboratori tedeschi ed olandesi.

In Italia non esiste ancora nessuna regolamentazione in merito. È probabile che vengano studiati entrambi i metodi di prova (cioè la camera NBS e la camera ISO) per scegliere quello più adatto per la classificazione dei materiali.

La lunghissima esperienza fatta con la camera NBS ha messo in evidenza che le materie plastiche emettono in genere fumi più densi di altri materiali, ma ha nello stesso tempo rivelato che la differenza rispetto ai materiali tradizionali non è poi così grande come molti sostengono (Tab. 1). Per quanto riguarda la tossicità dei fumi, il problema è molto più complesso che per l'opacità e la possibilità di trovare un metodo di prova che permetta di determinare la reale pericolosità dei materiali richiede ancora tempo ed impegno di ricerca.

Il primo approccio avviato per affrontare il problema è quello di mettere a punto un metodo che permetta di bruciare una quantità di materiale in determinate condizioni e di fare l'analisi chimica dei gas di combustione. Questo approccio è stato seguito in effetti negli anni 60 e 70 e ne è venuta fuori una grande confusione per tutti.

Innanzitutto si è visto che il numero dei prodotti emessi nella combustione è molto grande, e non solo per i materiali sintetici, ma anche per quelli naturali. In secondo luogo si è visto che la quantità e la composizione dei fumi varia enormemente secondo le condizioni di:

- temperatura
- ventilazione
- fase dell'incendio.

Questo fatto è di grande importanza perché un materiale più pericoloso di un altro nella fase iniziale dell'incendio può diventare molto meno tossico in un'altra fase.

Da qui deriva quindi la necessità di definire un esatto modello di fuoco, a cui fare riferimento.

Il primo di questi problemi, cioè quello dell'elevato numero di composti emessi, ha reso inutili o quasi le determinazioni analitiche, per l'impossibilità di valutare le interazioni fra i vari gas, sia sinergiche che antagoniste ed ha favorito lo sviluppo di metodi biologici, basati essenzialmente sulla morte o incapacitazione di ratti o altri animali a cui vengono fatti inalare i gas di combustione. Un esempio di queste determinazioni fatte su diversi materiali è stato realizzato dalla NASA (Tab. 2).

Questi dati devono però essere considerati significativi soltanto nelle condizioni in cui sono stati ottenuti e non possono essere trasferiti ad altre situazioni né tanto meno generalizzati a tutti gli incendi. Il modello di fuoco, cioè le condizioni in cui si deve bruciare il materiale per stabilire la pericolosità dei suoi fumi, è ancora argomento di grande dibattito sia in Europa che in America e Giappone ed il gruppo di lavoro istituito in seno all'ISO per risolvere questo problema, sembra ancora lontano dall'obiettivo anche se si sono compiuti notevoli progressi.

Un'analisi sempre riferita a metodi biologici di un noto Istituto giapponese permette di confrontare il livello di tossicità di materie plastiche e naturali a due temperature differenti in quanto queste possono essere presenti in fasi differenti e comportare emissioni differenti di fumi tossici. I dati sono riportati in Tab. 3, 4, 5.

I metodi più importanti e più utilizzati per determinare la tossicità dei fumi possono essere così ricordati:

1. DIN 53436

Metodo basato sulla morte di topi.

Prova realizzata in tubo in quarzo dal diametro di 40 mm. e di lunghezza 1000 mm. con materiale su navicella che viene fatta avanzare nel tubo stesso.

2. NBS

Prova realizzata in camera di combustione con determinazione dei livelli di tossicità mediante morte dei topi.

3. FAA

Prova realizzata in camera di combustione con determinazione dei livelli di tossicità mediante l'incapacità di movimento di topi.

4. NASA

Prova realizzata in camera di combustione con determinazione dei livelli di tossicità mediante la morte di topi.

5. ATS

Norma in vigore per verificare sperimentalmente i valori di opacità e tossicità dei fumi sviluppati durante un incendio in un aereo.

La prova è simile alla NBS con analisi dei gas mediante analizzatori chimici.

In Italia esiste un unico metodo secondo la norma CEI 20-37

Prova sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici realizzata con tubo di combustione e di cui si analizzano i gas di combustione mediante uno strumento specifico (non si utilizzano cavie animali vive).

Come conclusione vengono riportate le motivazioni principali per considerare la tossicità dei fumi in modo corretto:

Pericoli tossici da incendio

Cause contemporanee:

A) Atmosfera molto calda anche 1000 °C.

I gas caldi danneggiano irreparabilmente gli organi respiratori.

B) Presenza di gas tossici e narcotici: ossido di carbonio e acido cianidrico.

C) L'atmosfera di un incendio è povera di ossigeno che provoca uno stato d'incoscienza.

D) Presenza di particelle che riducono la capacità visiva.

E) Gas irritanti sia per gli organi della vista che delle vie respiratorie.

F) Dosi di gas inalate in un tempo definito.

Tabella 1

Densità di fumo generata da diversi materiali: camera di fumi NBS

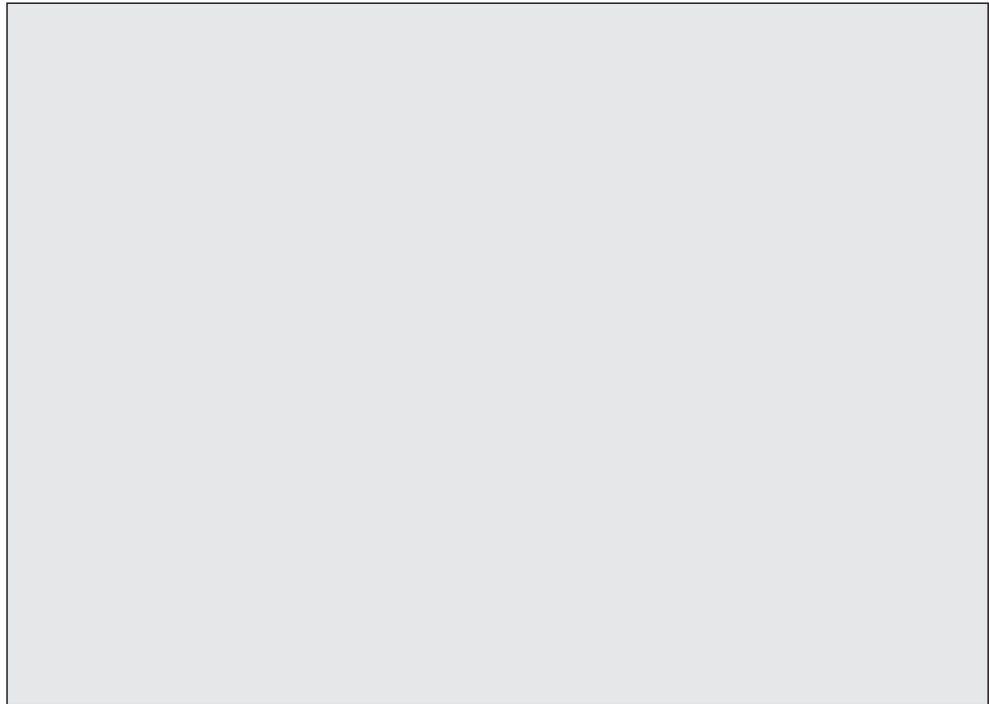


Tabella 2

Tossicità dei gas di combustione, determinata con la procedura B del metodo NASA-USF

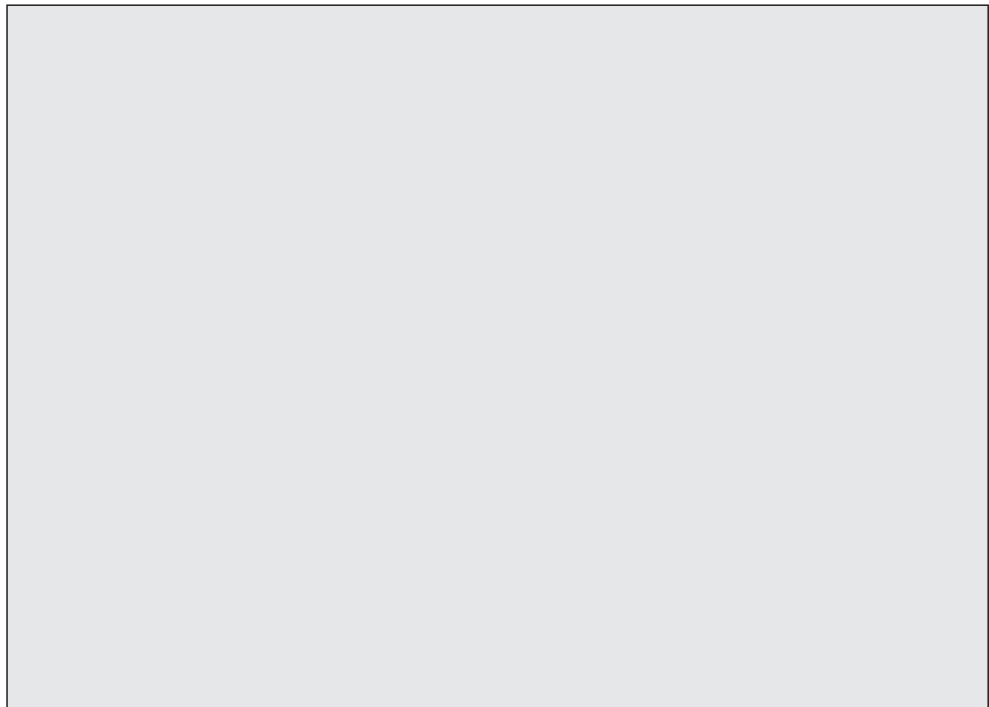


Tabella 3

Valori di tossicità dei fumi di alcuni materiali (Prova a 550 °C)

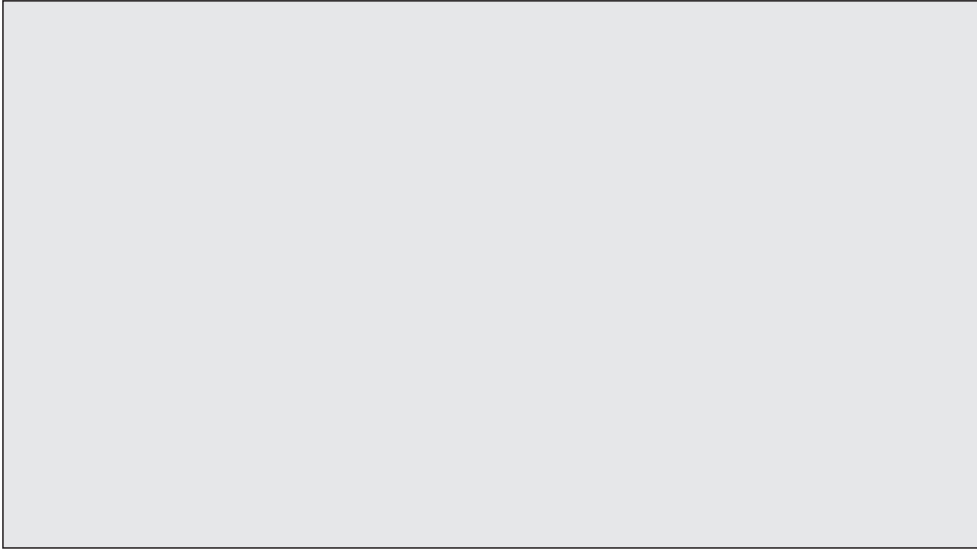


Tabella 4

Temperatura d'accensione ed autoaccensione

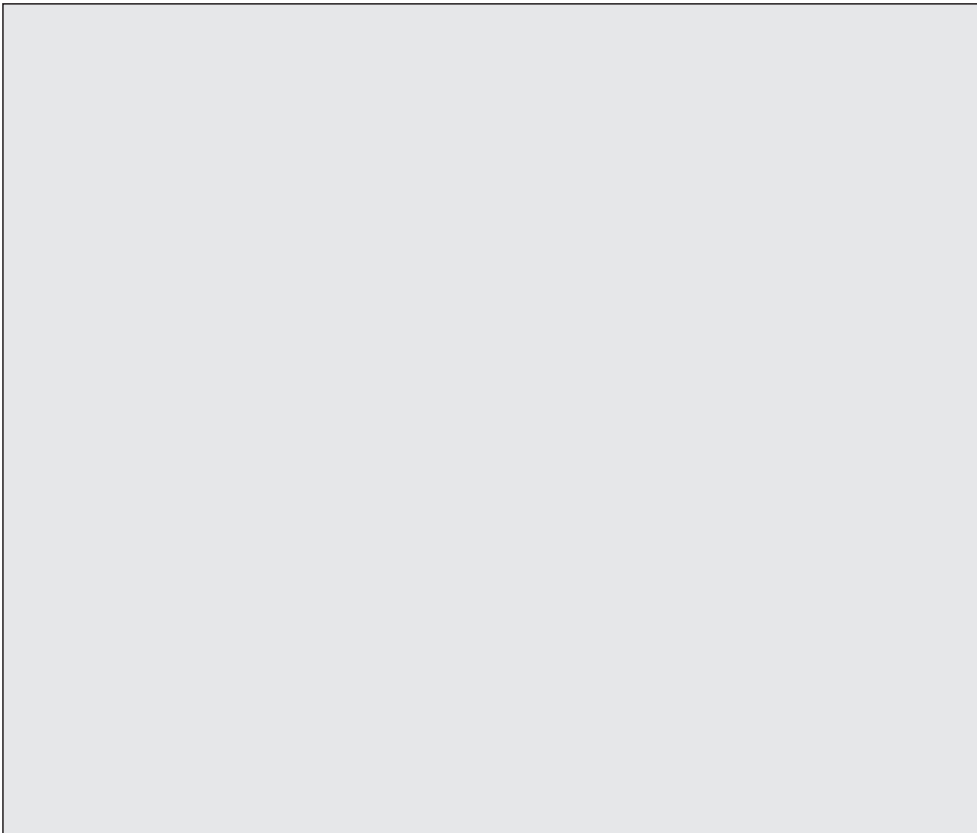
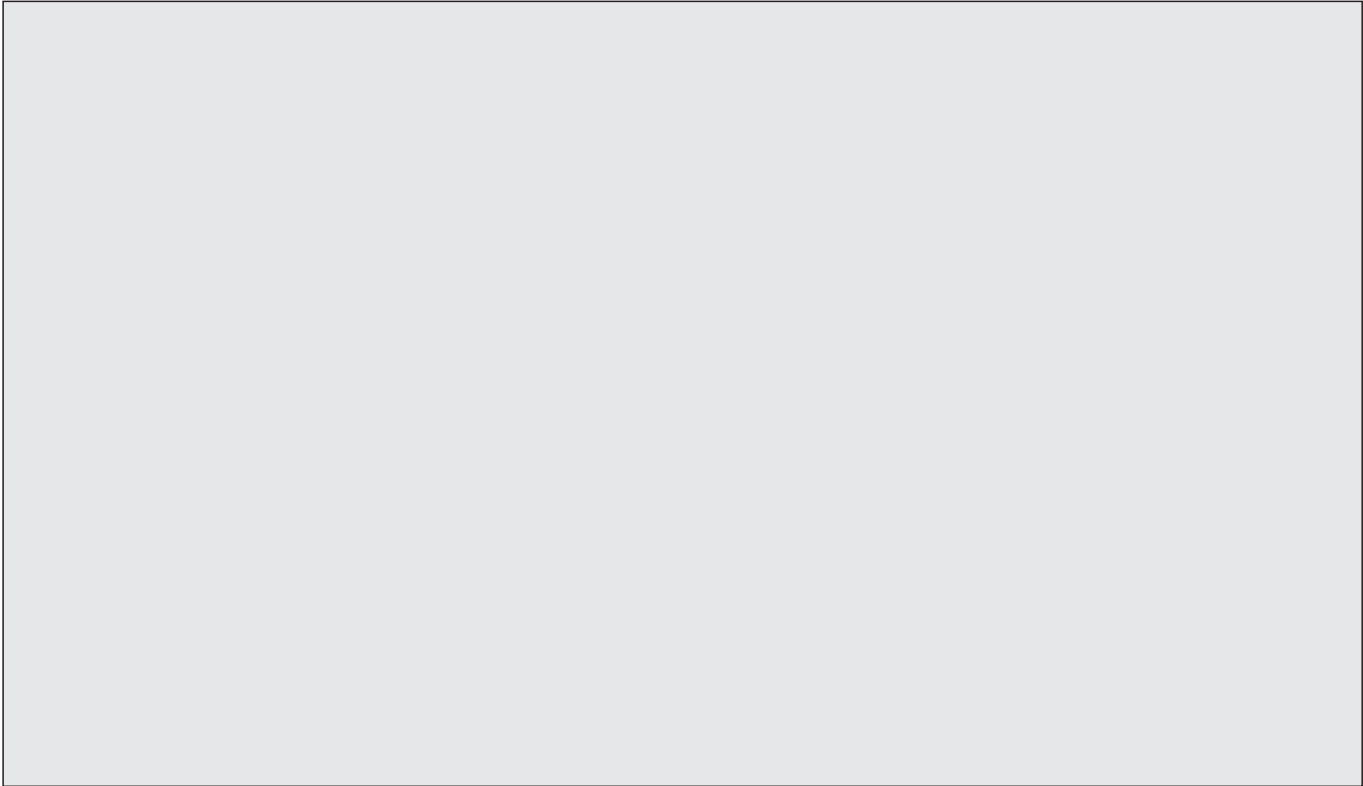


Tabella 5

Sostanze prodotte durante la decomposizione termica dell'EPS e di alcuni materiali naturali



NOTA: Condizioni di prova specificate in DIN 53 436; flusso d'aria 100 l/h

Dimensioni del provino: 300 mmx 15 mmx 20 mm, le condizioni di prova sono riferite all'uso finale del materiale

* Combustione senza fiamma/incandescenza

** Infiammato

- Non trovato

Per quanto riguarda la tossicità dei fumi, l'EPS sembra essere fra i materiali meno pericolosi; la sua produzione di CO é infatti inferiore rispetto a quella del legno, come mostra la tabella seguente, che riporta misure BASF della concentrazione di CO in ppm nei fumi, a varie temperature, eseguite secondo DIN 53436.

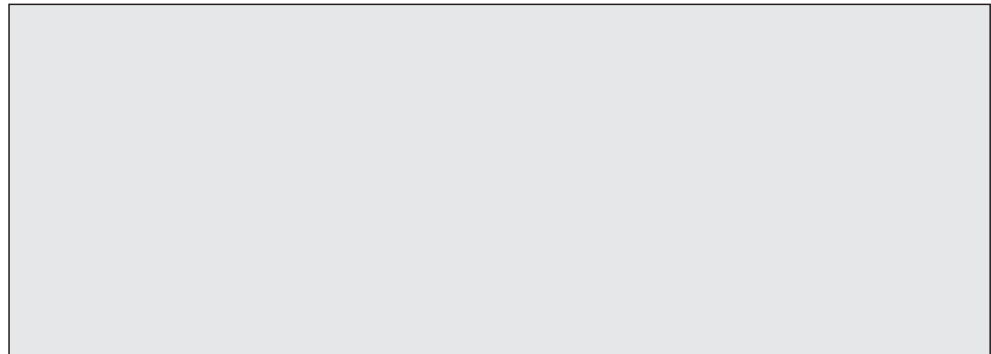


Tabella 6

A conclusione della problematica, fumi e tossicità dell'EPS viene riportata la rassegna della letteratura sui prodotti della decomposizione termica del polistirene.

Autori: Joahna L. Gurman,
Laura Baier,
Barbara C. Levin,
Center for Fire Research,
National Bureau of Standards,
Gaithersburg, MO, US

Polistireni: rassegna della letteratura sui prodotti della decomposizione termica e tossicità

Introduzione

I polistireni, che costituiscono una delle maggiori classi di polimeri sintetici attualmente utilizzati, possiedono una varietà di applicazioni che vanno da quelle del confezionamento di cibi e medicinali all'isolamento domestico. Sono stati anche comunemente utilizzati per imitare il legno a scopo decorativo.

"Polistirene" è un termine generico che denota parecchie forme, ad es. il cristallo, impatto o espandibile. Sono stati apportati miglioramenti studiati per intensificare le proprietà fisiche di questa classe di polimeri nel campo della resilienza, livelli di brillantezza, resistenza alla rottura sotto sollecitazione da parte di grassi ed oli, la resistenza alla fiamma e la purezza. I miglioramenti delle caratteristiche del materiale e la facilità di lavorazione dei polistireni hanno reso economicamente vantaggioso l'uso commerciale di questo materiale sintetico.

L'intensificazione delle proprietà fisiche dei polistireni non è stata l'unica preoccupazione di consumatori e produttori. Per molti anni i ricercatori hanno studiato gli effetti del riscaldamento dei polistireni in varie condizioni. La natura dei prodotti gassosi ottenuti nella degradazione dei polistireni nel corso della lavorazione industriale e in situazioni di incendio e la tossicità di questi gas è stata un obiettivo primario di molti studi di ricerca.

Chimica

Polimerizzazione

I polistireni sono polimeri amorfi, con un alto peso molecolare lineare, a meno che non vengano modificati con additivi particolari, sono formati da unità con legame covalente del monomero stirene, che è composto unicamente da carbonio e idrogeno e contiene un anello di benzene nella propria struttura. Comunque non tutte le forme di polistirene sono semplicemente dei polimeri omogenei del monomero stirene. Per migliorare le sue proprietà fisiche, vengono incorporati nel polimero degli additivi specifici. Ad esempio i polistireni ad impatto commerciale possiedono un elastomero, normalmente il polibutadiene, incorporato come copolimero a blocco nelle matrici per rafforzare le loro proprietà meccaniche. Le perle di polistirene espandibile o gli espansi contengono 3-7 % di un agente schiumogeno volatile (es. pentano) che viene utilizzato nella lavorazione di questo prodotto. I polistireni resistenti al fuoco contengono normalmente degli additivi alogenati e ossido di antimonio incorporati durante la polimerizzazione. La polimerizzazione del monomero stirene è una reazione favorita a livello termodinamico. La maggior parte delle plastiche contenenti stirene viene polimerizzata con un meccanismo a radicali liberi, in cui la polimerizzazione del monomero stirene viene iniziata termicamente o tramite l'uso di catalizzatori.

I processi di decomposizione termica

È stata studiata la degradazione termica di vari polistireni con una vasta gamma di temperature. Le temperature citate sono quelle di un forno o di un dispositivo di riscaldamento e non necessariamente quelle di polistireni riscaldati. Nella maggioranza dei casi la temperatura del forno aumenta più rapidamente rispetto a quella del materiale studiato. Michal ha studiato la degradazione termossidante di un polistirene fra 400 e 800 °C. Parikh ha calcolato dai suoi studi che al di sotto dei 227 °C non avviene alcuna degradazione di un polistirene puro, mentre il 100% si decompone a 332 °C quando il materiale è stato esposto per 2 ore. La temperatura media a cui un campione di polistirene prende fuoco spontaneamente è stata scoperta in tre laboratori che partecipavano a una valutazione intralaboratorio del metodo di prova di tossicità dell'Ufficio Nazionale della Normalizzazione (NBS) per cui questa temperatura era di 520°C ± 62 °C. Anche se non è stato ancora completamente compreso, il meccanismo della degradazione termica dei polistireni viene considerato una reazione a catena radicale. Questo processo è essenzialmente il contrario del processo di polimerizzazione.

I prodotti della degradazione termica

La decomposizione termica dei polistireni è stata eseguita in varie condizioni atmosferiche diverse, ad es. vuoto, inerte e ossidante. Normalmente si conviene che il maggior componente volatile prodotto dalla degradazione termica dei polistireni in queste atmosfere è il monomero stirene.

Le prove sono state eseguite a temperature oscillanti fra quelle utilizzate per la lavorazione industriale (150-320°C) e quelle utilizzate per simulare scenari d'incendio (fino a 1200°C).

Degradazione sotto vuoto

Straus e Madorsky hanno studiato la decomposizione di campioni appositamente preparati in laboratorio di polistirene sotto vuoto. Questi campioni sono stati riscaldati per 30 min. a 400 °C e 500°C o per 5 min. a 800°C e 1200°C in una provetta di platino circondata da un forno mobile preriscaldato.

È stata riscontrata una volatilizzazione dei campioni pari al 98% o oltre, senza considerare la temperatura. Utilizzando la spettrometria di massa, Straus e Madorsky hanno identificato lo stirene quale maggiore prodotto di decomposizione, ma hanno notato che la resa percentuale frazionale variava con la temperatura. Una media di 48,3 e 53,9 % dei prodotti volatili totale era rappresentata dallo stirene a 400° e 500° rispettivamente, mentre a 800°C e 1200°C lo stirene rappresentava una media di 47,5 e 41,6% dei prodotti volatili totali. Straus e Madorsky hanno anche notato una maggiore frammentazione dei prodotti di degradazione a 800° e 1200°C oltre a quella scoperta a 400° e 500°C; ciò era probabilmente dovuto alla decomposizione secondaria dei prodotti di decomposizione iniziali.

Degradazione nelle atmosfere inerti

La degradazione termica dei polistireni in atmosfere inerti è stata esaminata da numerosi ricercatori. Per studiare questo fenomeno l'azoto (N₂) è stato il gas maggiormente utilizzato, ma si è fatto uso anche di atmosfere con elio (He) e argon (Ar). Sono stati utilizzati diversi sistemi di degradazione e numerose tecniche analitiche, ad esempio la pirolisi - gascromatografia (pirolisi - GC), l'analisi termogravimetrica - gascromatografia (TGA-GC), la gascromatografia - spettrografia di massa (GC-MS) e l'analisi termogravimetrica - gascromatografia - spettrografia di massa ad alta risoluzione (TGA - GC - HRMS).

Fuchs e Szepesy hanno utilizzato la pirolisi - GC per esaminare i prodotti di decomposizione termica derivanti dai vari polimeri, comprendenti anche numerosi polistireni diversi. Questi campioni di polistirene (0,1 mg) sono stati inizialmente dissolti in benzene che è stato evaporato prima che il campione fosse sottoposto a pirolisi flash in atmosfera di argon (tempo di scorrimento: 25 ml min⁻¹) per 0-15 s. I pirogrammi risultanti contenevano quattro valori massimi i-

identificati come stirene, toluene, benzene ed altri idrocarburi leggeri. Lo stirene rappresentava il prodotto primario della decomposizione termica, costituendo il 97,3 %. Fuchs e Szepesy conclusero dai propri studi che solo la concentrazione di stirene poteva essere determinata con precisione poiché le aree di valori massimi relative degli altri prodotti di pirolisi non erano rilevanti o totalmente riproducibili.

Due diversi campioni di polistirene sono stati degradati in un'atmosfera di azoto (tempo di scorrimento di 0,25 ml min⁻¹) a 510 °C da Pacakova e al. Per la degradazione e l'analisi dei prodotti in questo studio è stata utilizzata la pirolisi - GC. Lo stirene monomero comprendeva fra 73,5 % e 79,1 % dei prodotti volatili totali ottenuti dai polistireni, rispettivamente con e senza polibutadiene.

La decomposizione termica in un ambiente ossidante

Molti ricercatori hanno studiato la decomposizione termica del polistirene nell'aria o in altre atmosfere ossidanti. Questi studi sono stati eseguiti in vari sistemi di combustione, ad es. forni a tubi, forni a crogiolo e forni radianti.

Benché la maggior parte di questi studi siano stati eseguiti in maniera molto metodica, è difficile paragonare i risultati poiché ogni ricercatore ha cercato di creare quello che a suo giudizio era lo scenario di combustione più pertinente, e la decomposizione termossidante include tutto, dalla semplice pirolisi fino alla combustione con fiamma compresa. Poiché il polistirene non contiene ossigeno nella sua formulazione molecolare, solo nella degradazione ossidante che ci si aspetterebbe di trovare delle quantità apprezzabili di prodotti di decomposizione ossidati, come benzaldeide, ossido di stirene, CO e CO₂.

Per studiare la decomposizione termossidante dei polistireni Hoff e al., Morikawa e Morimoto e al. hanno studiato dei forni a tubi. Hoff e al., utilizzando temperature entro il range della lavorazione industriale, hanno riscaldato i campioni sotto forma di pellet di due polistireni commerciali e due polistireni ad impatto (additivi sconosciuti) per 10 min. in un flusso di aria secca di 0,025-0,030 l min⁻¹. Utilizzando le tecniche GC e GC/MS sono stati identificati 21 prodotti volatili provenienti dalla degradazione dei polistireni a 240° e 250°C. Sono stati individuati e identificati ventidue composti nei prodotti gassosi dei polistireni ad impatto.

L'alcol benzilico e l'aldeide cinnamica sono stati identificati come prodotti di decomposizione del polistirene ma non sono stati rilevati fra i prodotti di decomposizione dei polistireni ad impatto. Anche il metilfenolo, l'etanolo e l'acroleina sono stati individuati tra i prodotti volatili ottenuti dai polistireni ad impatto, ma non sono stati ritrovati tra i prodotti di degradazione del polistirene.

L'apparato per la degradazione termica utilizzato da Pfaffi e al. era formato da un tubo di vetro a forma di J inserito in un forno da laboratorio.

I campioni di polistirene senza additivi sono stati riscaldati a 200°, 350° e 500°C con un leggero flusso d'aria (0,7 l min⁻¹). Questo procedimento sperimentale è stato ideato per simulare le condizioni di lavorazione industriale. Per identificare i prodotti di degradazione sono state utilizzate la cromatografia con liquido ad alta pressione (HPLC), GC, GC-M.

Gli esperimenti condotti a 350°C e a 500°C hanno prodotto quasi le stesse quantità di stirene, ma le concentrazioni degli idrocarburi aromatici e alifatici e di quelli ossidanti era superiore a 350°C rispetto ai 500°. Pfaffi e al. hanno ipotizzato che la ragione di questi risultati era che a temperature più elevate si verificava una degradazione più rapida e quindi un'ossidazione meno efficace. Comunque a 500°C si è sviluppata una maggiore quantità di CO (21%) rispetto a quanto avvenuto a 350°C (0,4%).

Gli autori hanno concluso che i prodotti di degradazione termica più importanti generati da questo polistirene da un punto di vista dell'igiene industriale erano rappresentati dal monomero stirene e da composti aromatici ossidati, come benzaldeide, ossido di stirene, acetofenone e 1-feniletanolo.

Riassunto dei prodotti di degradazione termica

Sono stati eseguiti studi sui prodotti della decomposizione termica dei polistireni, con varie atmosfere e condizioni sperimentali. Il principale prodotto volatile, senza considerare le condizioni, è il monomero stirene. La produzione in percentuale frazionale dello stirene sviluppato dipende dalla modalità di combustione (con fiamma o senza), dalla temperatura del forno, dalle dimensioni del campione, dalla quantità e dai tipi di additivi, dalla concentrazione di vapore acqueo e dalle velocità di alimentazione dell'aria ai forni. Molti altri componenti rilevati sono elencati nella tabella 1.

Tossicità dei prodotti di decomposizione termica

Le valutazioni tossicologiche dei prodotti di decomposizione termica provenienti da vari polistireni sono state riportate in un totale di 11 sistemi di prova sperimentali diversi. Questi protocolli sono brevemente riassunti nella tabella 7.

Conclusione

1. In generale, il principale prodotto volatile senza considerare le condizioni atmosferiche è il monomero stirene. Le concentrazioni vanno da 0,6% a 100% della massa sviluppata.
2. La composizione e la quantità del prodotto sviluppato dipende in larga misura dalle formulazioni chimiche (la maggior parte non specificate) e dalle condizioni sperimentali.
3. Lo sviluppo di stirene dipende dalla temperatura, e aumenta con una temperatura di forno pari a 500°C, mentre diminuisce oltre gli 800°C.
4. In atmosfere ossidanti si formano Co e CO₂ e sembrano essere responsabili dei decessi animali che si verificano nel corso della decomposizione con fiamma del polistirene.
5. Si è scoperto che gli effluenti prodotti durante la degradazione con fiamma dei polistirene sono generalmente più tossici rispetto a quelli prodotti in condizioni senza fiamma.
6. L'inabilità animale verificatasi durante la decomposizione senza fiamma dei polistireni potrebbe non essere attribuita a Co e CO₂ poiché le loro concentrazioni sono troppo ridotte. I responsabili sono altri agenti tossici, probabilmente lo stirene.
7. A paragone con altri materiali naturali comuni e materiali da costruzione sintetici, i prodotti della decomposizione termica del polistirene sembrano essere fra i meno tossici.

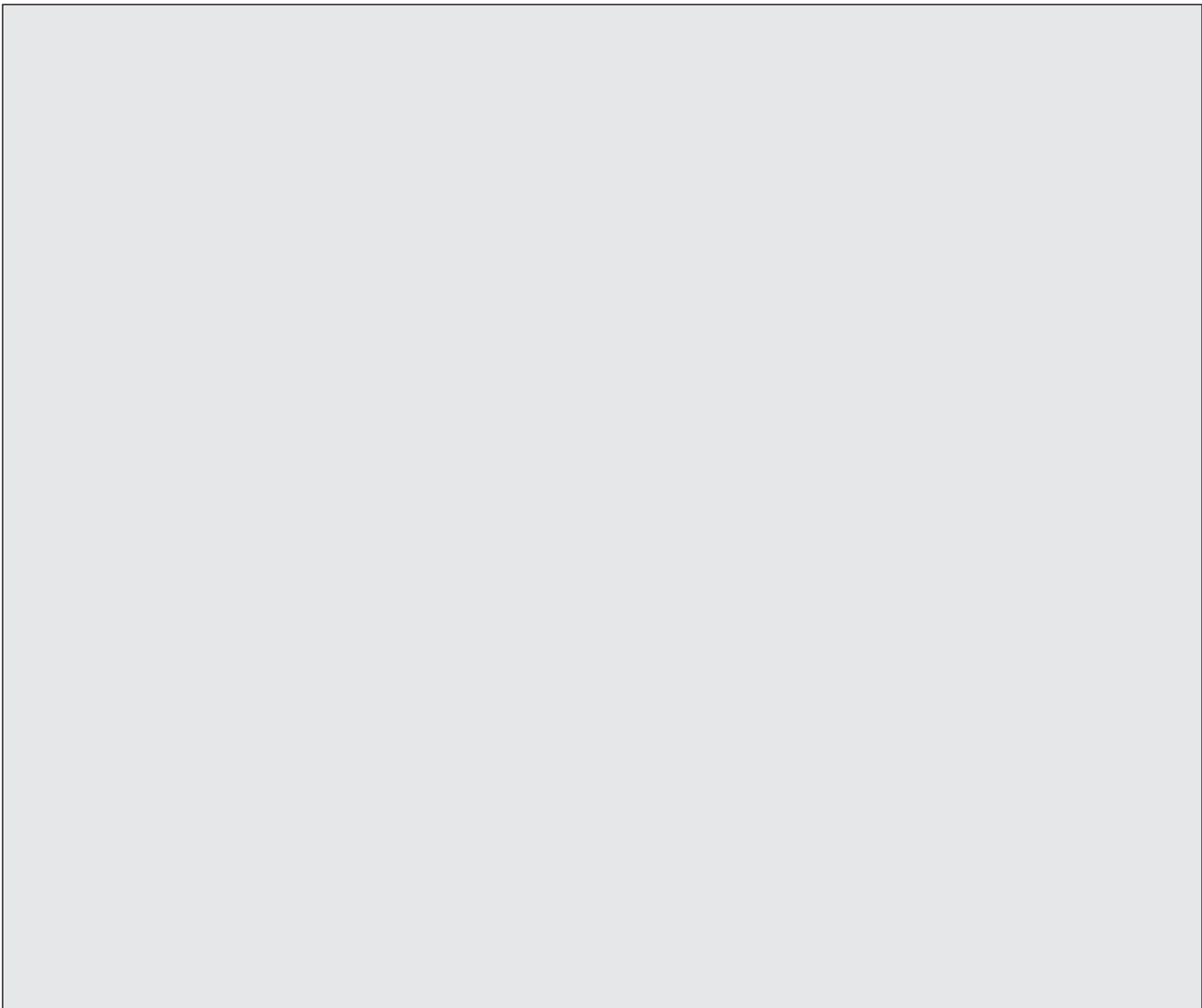


Tabella 7. Sommario di tossicità dei protocolli

La compatibilità ambientale

La vasta gamma di proprietà fisiche e la particolare adattabilità di questo prodotto permettono soluzioni economiche ai più svariati problemi d'imballaggio che sono molto differenti, secondo il livello di protezione richiesto per i vari prodotti. Questi ultimi vanno dalle cassette per il pesce agli imballaggi combinati con involucri termocontrattili per lavatrici: contenitori completamente formati per una protezione contro ogni tipo di influenza esterna (autoportanti), inserti semi-formati, guarnizioni d'angolo ed elementi laterali, scatole e vassoi per impilaggio, inserti di divisione e di raccolta, pallet per il trasporto o il monitoraggio così come imballaggi ad isolamento termico o contro il freddo. Infatti l'efficacia dell'EPS nella protezione dei prodotti più delicati gli permette oggi di essere spesso usato come nucleo di caschi per biciclette. Quando si decide il tipo di materiale da imballaggio da utilizzare, bisogna considerare ogni volta, come prima cosa, la funzione basilare, ad esempio l'ottima protezione del prodotto imballato.

La valutazione dei prodotti sintetici in rapporto alle applicazioni per la salute così come i metodi di prova richiesti sono stati documentati da varie nazioni sotto forma di direttive.

Dato lo stato attuale della scienza e della tecnologia, queste raccomandazioni determinano le condizioni in cui un articolo di consumo fatto di materiale sintetico soddisfa i requisiti delle normative dei prodotti alimentari e di consumo.

L'EPS soddisfa realmente i requisiti delle raccomandazioni e quindi, sulla base della valutazione precedente, non ci sono assolutamente restrizioni all'uso dell'EPS come prodotto da imballaggio o di consumo.

Ad esempio le cassette per il pesce in EPS hanno ottenuto un buon riscontro a livello mondiale. Allo stesso modo frutta e verdura vengono confezionate in imballaggi di EPS.

Ciò non avviene soltanto per ragioni igieniche, ma anche per il fatto che i contenitori in EPS mantengono una certa temperatura per lunghi periodi di tempo, il che rende l'EPS un materiale da imballaggio ideale.

Aspetti igienici

L'EPS viene prodotto e lavorato da decenni. In questo periodo non si sono riscontrati danni alla salute di alcun genere, imputabili a detti materiali.

L'EPS è chimicamente neutro, non è idrosolubile e non cede sostanze idrosolubili che possono inquinare l'acqua. Non si decompone e non costituisce terreno fertile per funghi miceti e batteri, i quali, con la loro azione distruttiva, non sono in grado di generare prodotti di scissione trasformabili nel loro metabolismo. L'EPS non può neppure essere utilizzato come alimento o additivo alimentare per uomini e animali. Anche l'azione ad esempio di concimi, terreni concimati con fosfato e piogge acide, non hanno un effetto significativo sull'espanso, che non imputridisce.

L'EPS ingerito accidentalmente da persone o animali passa attraverso lo stomaco e l'intestino e viene poi espulso senza avere subito alterazioni chimiche.

Invecchiamento dei materiali espansi

Con invecchiamento di una materia plastica si intende il grado di alterazione delle sue caratteristiche nel tempo. Le cause possono essere imputabili alla materia plastica stessa (tensioni interne, cristallizzazioni, ecc.). È però possibile che le cause siano invece da attribuire ad influssi esterni, ai quali la materia plastica viene sottoposta durante il suo impiego. Di seguito vengono presi dettagliatamente in esame gli aspetti e gli effetti dei vari influssi che possono eventualmente provocare l'invecchiamento degli espansi.

Azione dell'acqua e del vapore acqueo

L'EPS, assorbe solo lo 0,05% d'acqua (riferito al peso). Poiché l'EPS" è un idrocarburo puro, l'acqua non può provocare alcuna alterazione, quale idrolisi o rigonfiamento. Inoltre non contiene alcun componente che possa essere estratto con l'acqua e la cui eliminazione potrebbe comportare alterazioni delle caratteristiche del materiale espanso.

Nella prova ad immersione gli espansi ben saldati assorbono minime quantità d'acqua.

Nel caso persista un calo della pressione di vapore in una direzione e la temperatura del materiale espanso scenda al di sotto di quella del punto di rugiada, cosa che può verificarsi in caso di installazione errata o in corpi di materiale espanso galleggianti sulla superficie dell'acqua, si può arrivare ad una condensazione del vapore acqueo e ad una concentrazione d'acqua nel materiale espanso fino al 30% (riferito al volume). In tali casi aumenta la conducibilità termica del materiale espanso. La regola dice quindi che l'1% (riferito al volume) di contenuto d'acqua peggiora del 3% il potere termoisolante. Non appena il materiale espanso è di nuovo asciutto, si ristabiliscono però nuovamente le proprietà termoisolanti originali.

Microorganismi

I microorganismi non hanno alcun influsso sugli espansi. Il materiale non rappresenta per essi un terreno fertile, inoltre non si deteriora, non ammuffisce e non marcisce. Anche se, in caso di forte insudiciamento ed in particolari condizioni, dei microorganismi dovessero annidarsi nel materiale espanso, esso servirebbe loro unicamente da supporto e non verrebbe assolutamente coinvolto nel processo biologico.

Mantenimento dei valori nutrizionali di frutti ed ortaggi freschi confezionati

L'Istituto di ricerca coreano per l'alimentazione ha concluso uno studio in merito alla perdita di valori nutrizionali di frutta e verdura durante il periodo compreso fra il confezionamento ed il loro utilizzo. Sono stati analizzati i materiali più utilizzati per l'imballaggio di frutta e verdura ed in particolare cartone pressostampato ed EPS.

L'analisi, in particolare, ha approfondito due aspetti ritenuti essenziali: diminuzione della concentrazione di vitamina C e perdita di peso del prodotto.

L'Istituto di Seoul con il direttore della ricerca Dr. Woo Park, ha sottoposto a sperimentazione tre frutti (mele, pere, uva) e tre ortaggi (zucchina, cetriolo, pomodoro).

I prodotti sono stati sottoposti a rigoroso mantenimento con temperatura controllata analizzando regolarmente i valori e parametri stabiliti dalla ricerca quali:

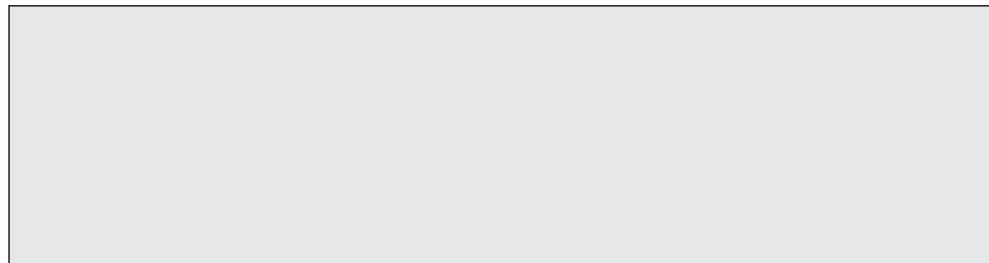
- perdita del peso
- consistenza del prodotto
- livello di acidità
- quantità di prodotti solidi solubili
- livello di clorofilla
- contenuto di vitamina C

I prodotti sono stati confezionati in imballi di cartone e di EPS. Le ragioni principali della ricerca partono dalla quantità enorme di prodotti trovati danneggiati e deteriorati nel proprio imballo dopo il loro confezionamento. Più di 80.000 tonnellate di frutta ed ortaggi sono confezionati in un anno negli Stati Uniti. Della quantità totale sopra riportata dal 30 al 45% risultata deteriorata. La ricerca ha dimostrato l'effettivo apporto positivo dell'EPS limitando i danni ed il deterioramento dei prodotti freschi imballati con questo materiale.

I dati rilevati dall'Istituto coreano sono supportati anche dalla scuola di imballaggio dell'Università del Michigan. Quest'ultima nel 1992 ha realizzato una sperimentazione su un solo prodotto, la mela.

L'analisi voleva confrontare diversi imballi per ottimizzare il trasporto e minimizzare le ammaccature dovute ad esso. Sono stati confrontati imballi realizzati in EPS, cartone e polpa di cellulosa. Quest'ultima è risultata essere l'imballaggio con le caratteristiche peggiori. Vengono riportate tre tabelle riguardanti lo studio coreano menzionato in precedenza:

Percentuale di vitamina C persa negli ortaggi dopo una settimana



Percentuale di vitamina C persa nella frutta

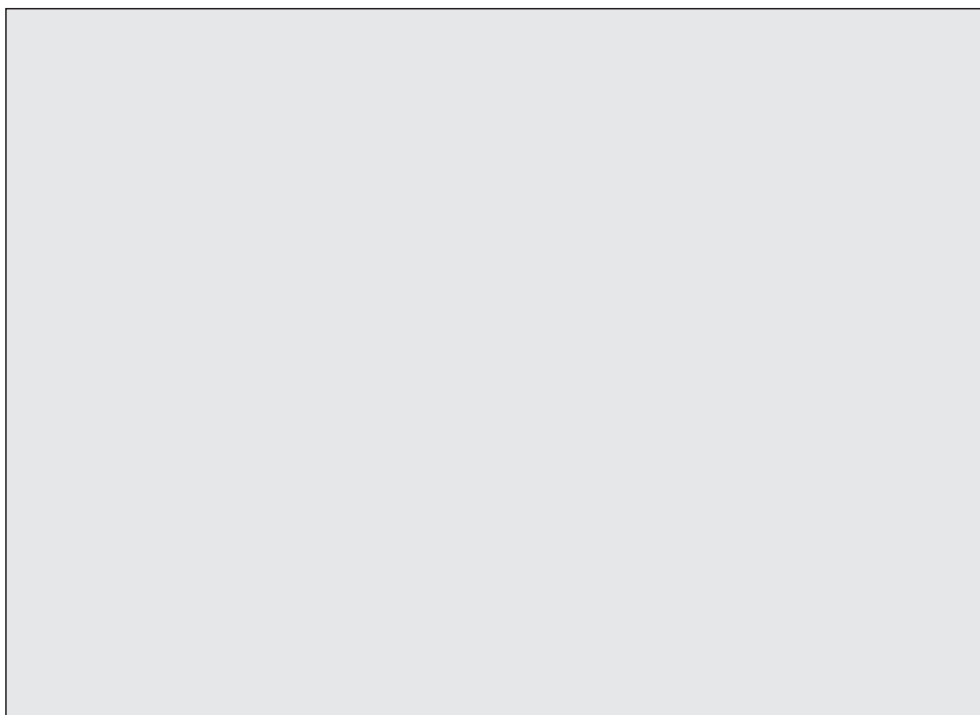


Tabella 2

Percentuale di perdita di peso nella frutta

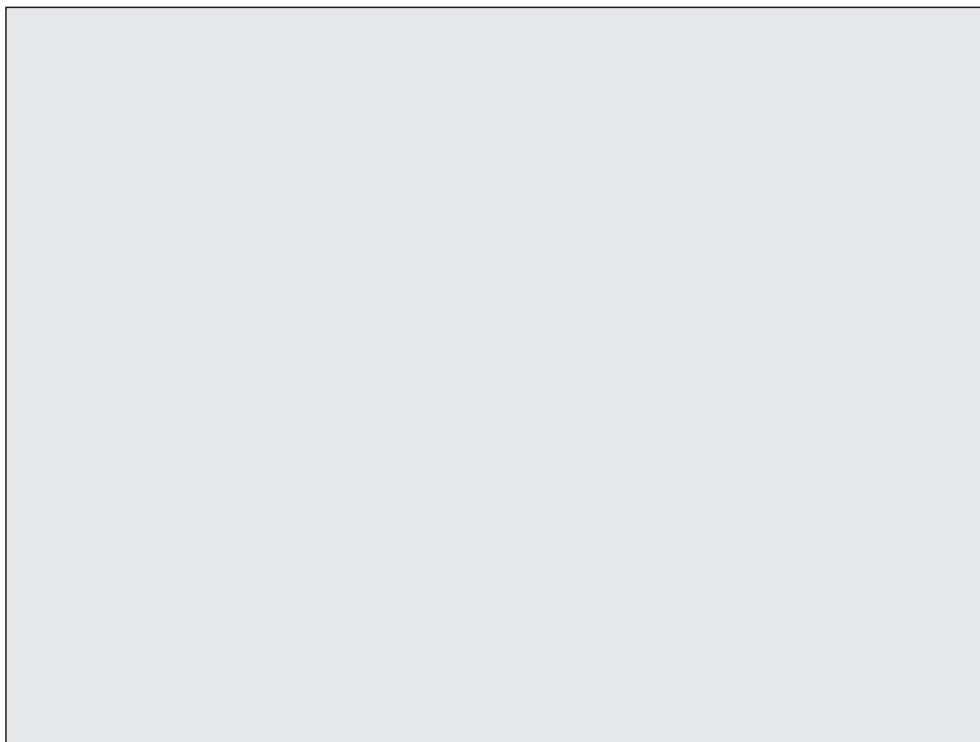


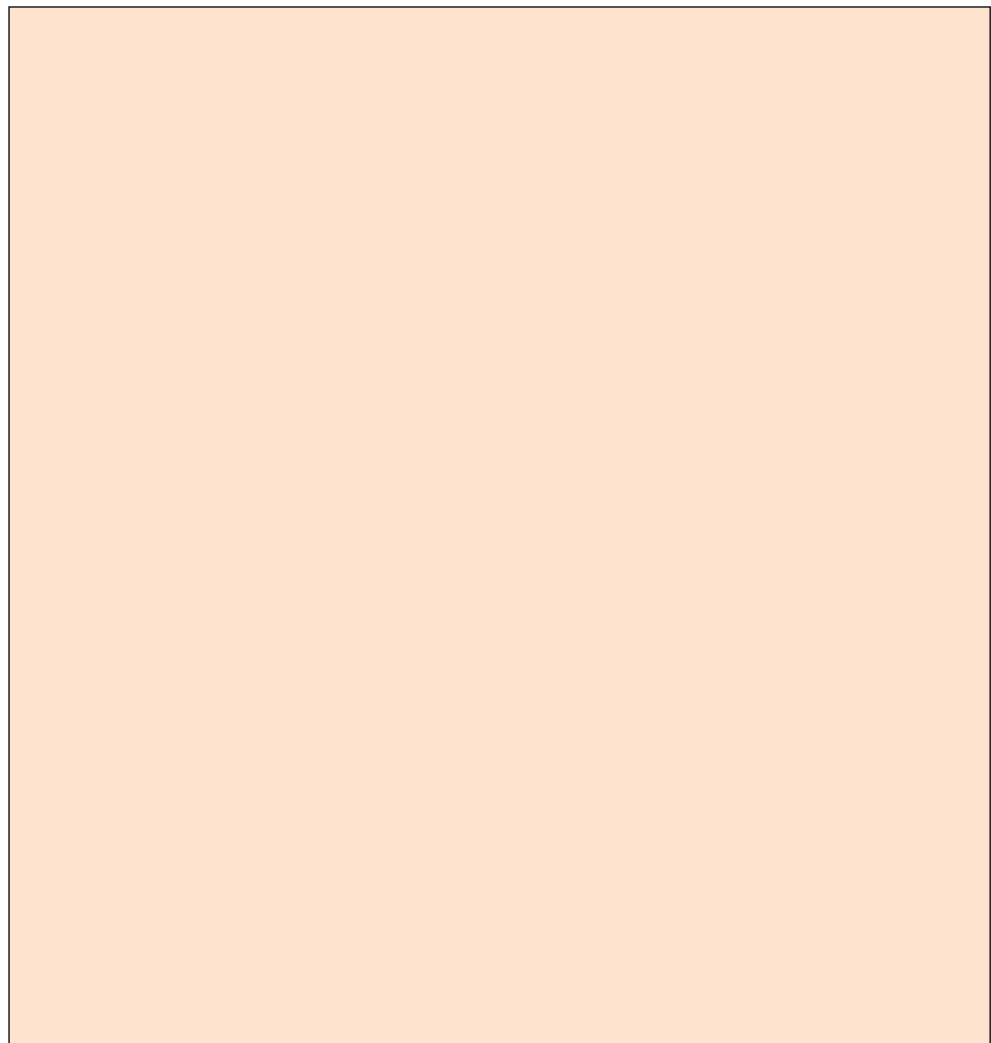
Tabella 3

Il ciclo di vita del polistirene espanso

L'analisi del ciclo di vita del polistirolo deve analizzare tutti i processi necessari per giungere al prodotto finale ed al relativo utilizzatore.

Materie prime utilizzate e fonti di energia devono essere contabilizzati considerando anche gli apporti positivi ottenuti durante la trasformazione chimica a differenti livelli.

Una visione a blocchi del processo può essere così sintetizzata:



Produzione del polistirene

Il Polistirene viene prodotto mediante polimerizzazione dello stirene.

La polimerizzazione è un processo esotermico: per 1 Kg di stirene che polimerizza vengono rilasciati 700 KJ.

Il processo di polimerizzazione può avvenire con due metodi:

- Polimerizzazione in massa.
Processo continuo condotto in un sistema chiuso.
Non vi sono acque di scarico inquinante dal processo.
- Polimerizzazione in sospensione.

È condotto in ambiente acquoso con acque di scarico che devono essere trattate.

Per produrre 1 Kg di polistirolo espandibile occorrono:

0,93 Kg Stirene

0,07 Kg Pentano

Produzione di Polistirene Espanso (EPS)

Può essere realizzato con due metodologie:

- in continuo (lastre)
- in discontinuo (blocchi e stampati).

Vapore occorrente:

60 Kg/mc continuo

18 Kg/mc discontinuo

1 Kg di EPS deriva da 1 Kg di polistirene espandibile.

Bilancio energetico

Per la produzione della materia prima sono necessari:

25,92 MJ/Kg

così suddivisi:

7,42 MJ produzione benzene/etilene/pentano

0,09 MJ produzione etilbenzene

13,60 MJ produzione stirene

4,00 MJ produzione polistirene espandibile.

Il trasporto della materia prima necessita in media di 0,077 MJ/Kg.

Il processo di espansione necessita di:

2,9 MJ/Kg discontinuo

9,6 MJ/Kg continuo.

Il trasporto dell'EPS all'utilizzatore in media necessita di:

0,46 MJ/Kg.

La somma dei consumi sopra riportati permette di giungere alla quantità globale di energia necessaria:

29,36 MJ/Kg discontinuo

36,06 MJ/Kg continuo

Conclusioni

- 1) 1 Kg di polistirene richiede 1,72 Kg di petrolio per la produzione della materia prima.
- 2) Se l'energia esterna utilizzata per la produzione è posta pari al 100% si può ipotizzare la ripartizione seguente:
72 ÷ 88 % per la produzione della materia prima
10 ÷ 27 % per produrre EPS
(espansione + sinterizzazione)
(10 % discontinuo)
(27 % continuo)
1,5 % per trasporto di EPS all'utilizzatore
- 3) Energia esterna occorrente (incluso il trasporto) 33 MJ per 1 Kg di EPS

Isolamento termico con EPS

Vengono ipotizzati esempi applicativi e dati di riferimento per avvallare l'importanza di incrementare l'utilizzo dell'EPS come materiale isolante nelle costruzioni.

Materiale EPS di riferimento:

densità 20 Kg/mc

conducibilità $\lambda = 0,035$ W/mK

Resistenza termica di un componente ritenuto sufficiente a garantire un buon isolamento:

$R = 2,5$ m² K/W

Lo spessore relativo di EPS per soddisfare al valore sopra riportato risulta:

$R = t \lambda$ $2,5 = t/0,035$

$t = 8,75$ cm spessore di EPS

1 m² di superficie avrà un peso di:

$P = 8,75/100 \times 1 \times 20$ Kg/mc = 1,75 Kg.

Il consumo annuo di energia sarà:

$C = (\mu \times S \times D \times 24 \times 3,6) / \eta$ MJ/m²

μ = trasmittanza termica elemento

μ_a senza isolante 2,5 W/Km²

μ_b con isolante 0,4 W/Km²

$S = 1$ m²

$D =$ gradi giorno 2100

$\eta = 0,85$ efficienza impianto

si otterrà:

Ca = 533,65 MJ/m² anno

Cb = 85,38 MJ/m² anno

Ipotizzando una vita dell'edificio di 50 anni, l'energia globale consumata sarà:

Eb 26682 MJ/m²

Ea 4269 MJ/m²

22413 MJ/m² differenza di energia risparmiata

Per il riscaldamento viene fatto riferimento al combustibile gasolio con il seguente rapporto energetico:

1 Kg di gasolio = 42,6 MJ

La quantità di gasolio risparmiata isolando l'edificio sarà:

$$\frac{22413 \text{ MJ/m}^2}{42,6 \text{ MJ/Kg}} = 526 \text{ Kg/m}^2$$

La combustione di gasolio per riscaldamento produce sostanze che vanno in atmosfera.

Queste possono essere sintetizzate nei 4 gruppi più importanti:

CO₂ 85 g/MJ

SO₂ 0,1 g/MJ

NO_x 0,12 g/MJ

particolato 25 mg/MJ

Tali sostanze moltiplicate per la quantità di energia risparmiata nei 50 anni di funzionamento (ovvero 22413 MJ/m²) si ottiene la quantità globale di materiali che non saranno entrati in atmosfera:

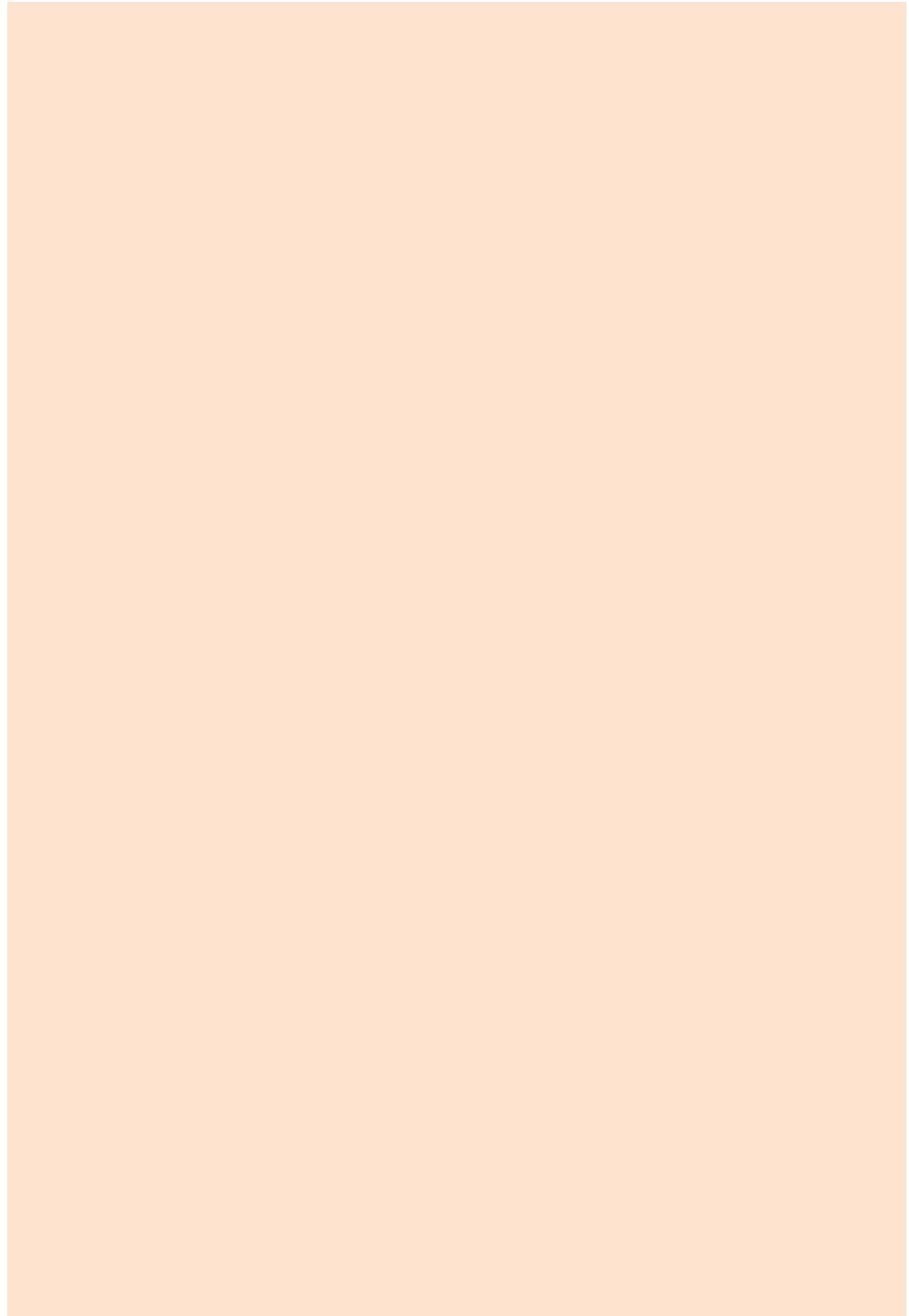
CO₂ 1905,0 Kg

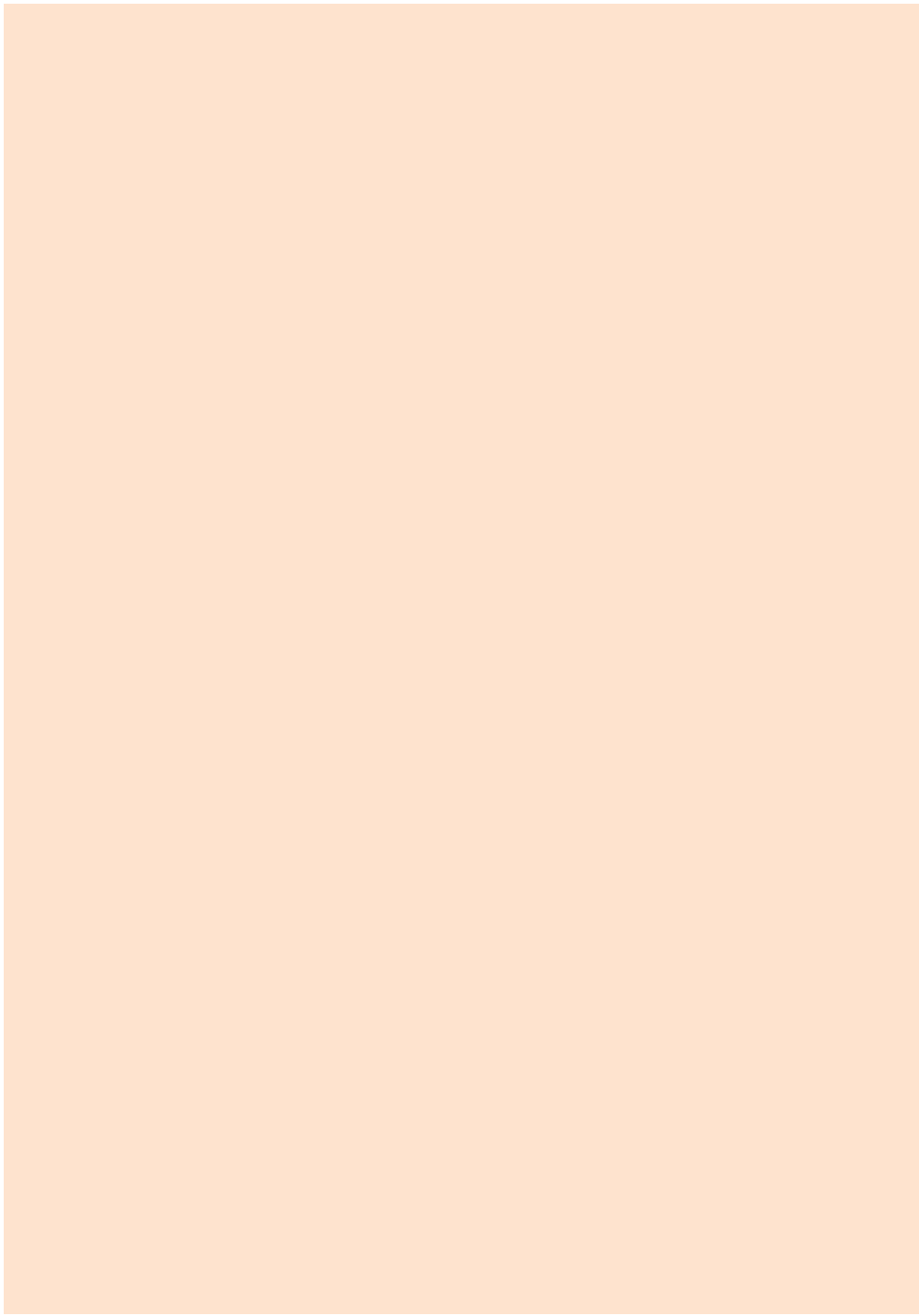
SO₂ 2,241 Kg

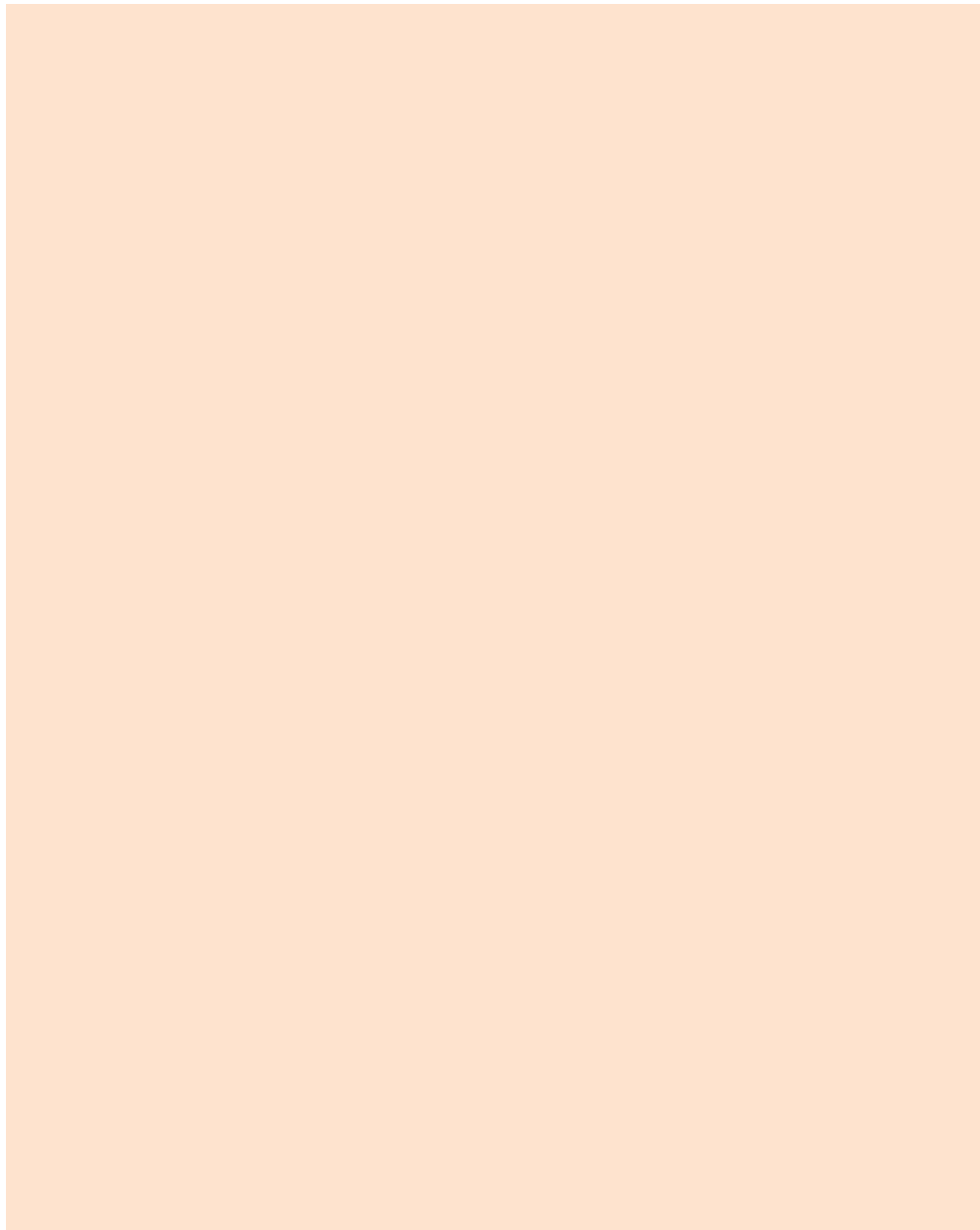
NO_x 2,69 Kg

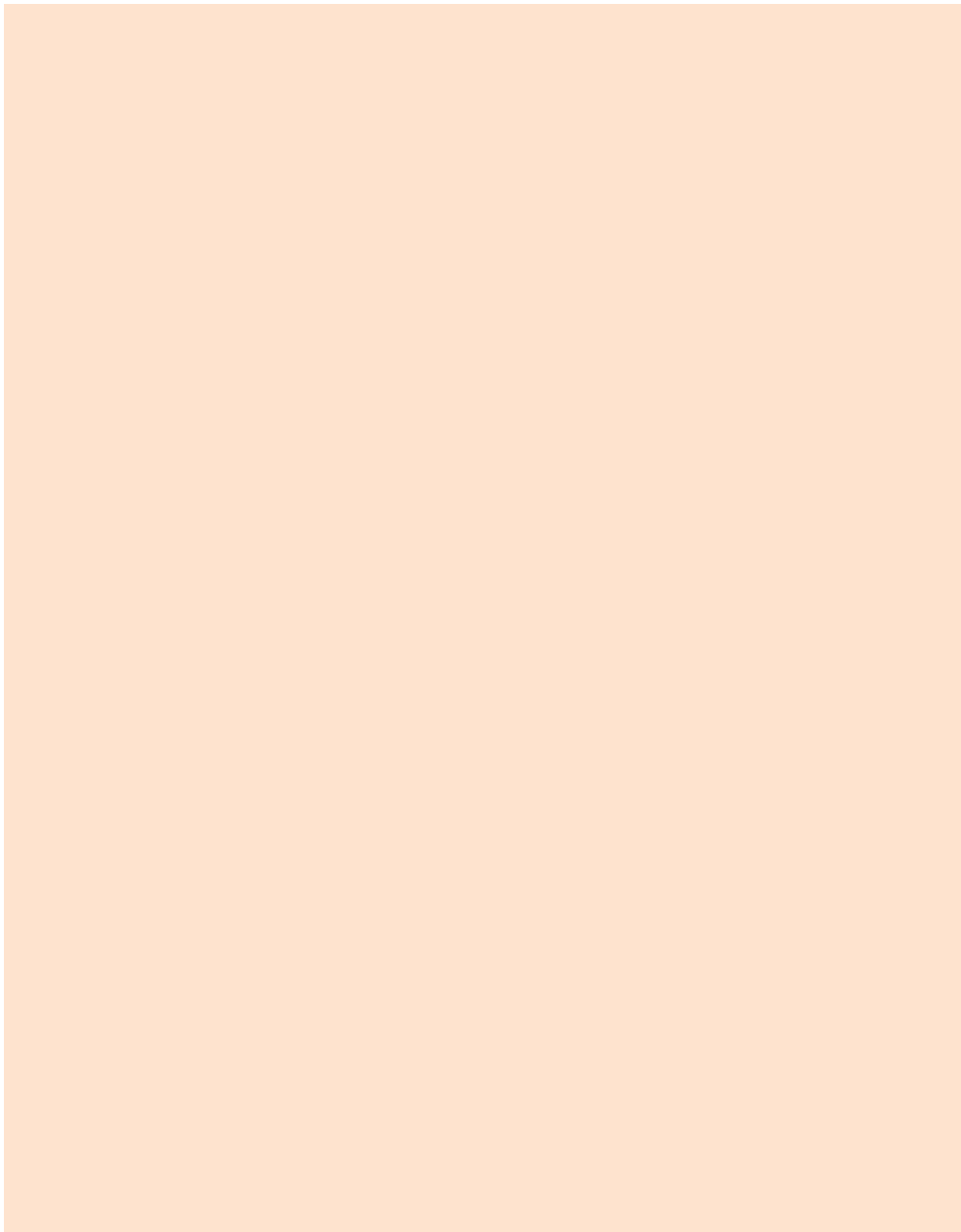
particolato 0,56 Kg

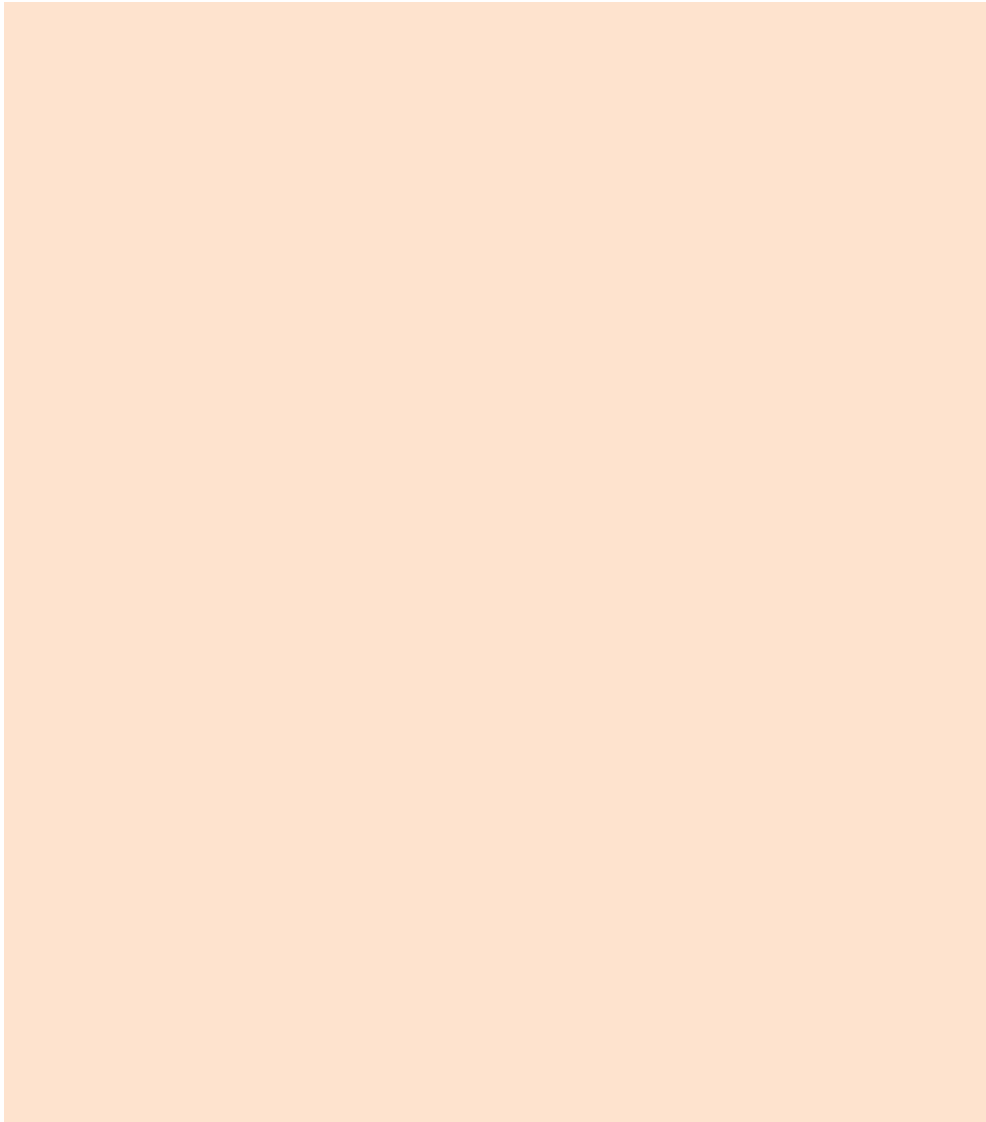
Le schede di sicurezza

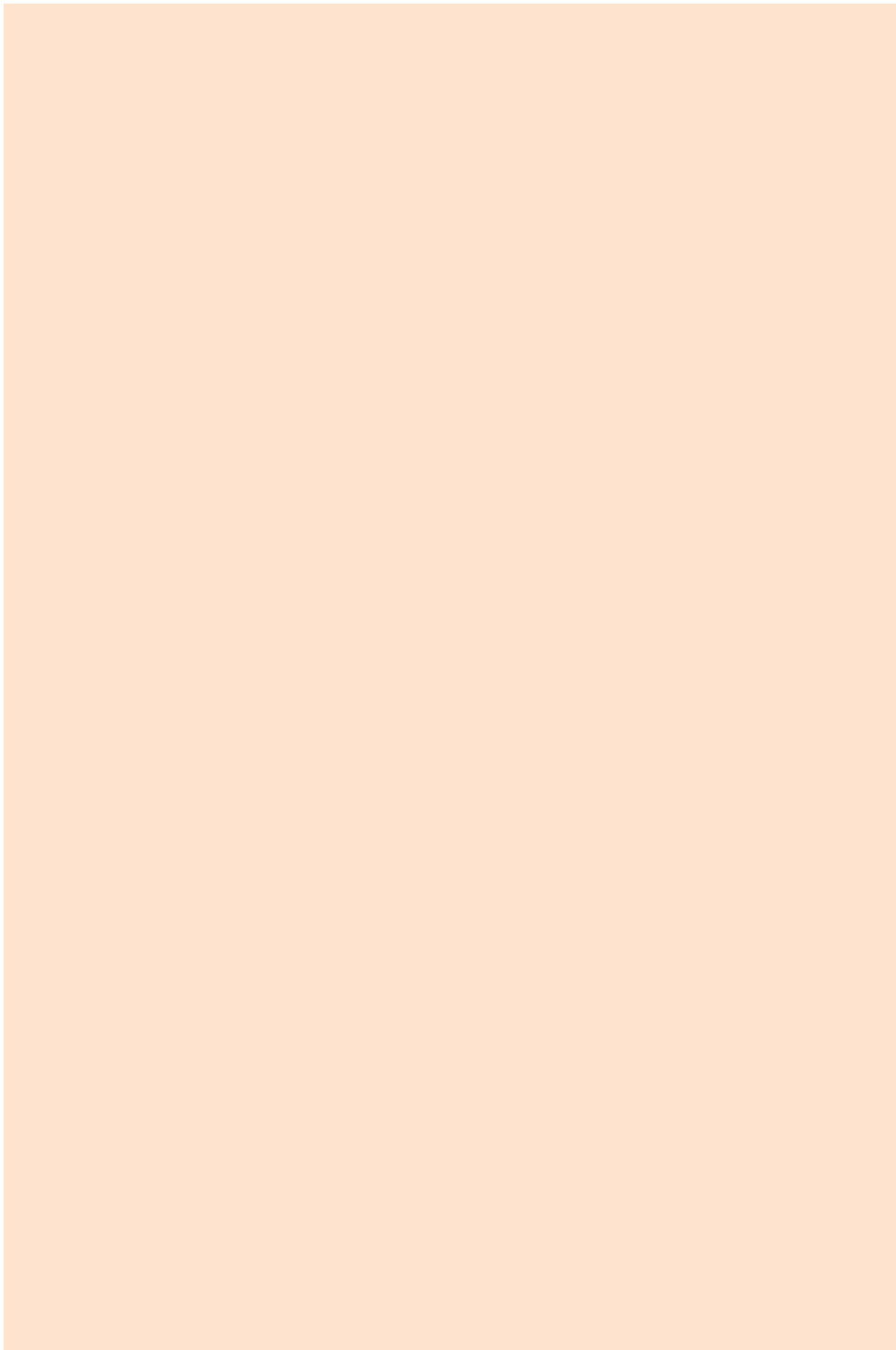


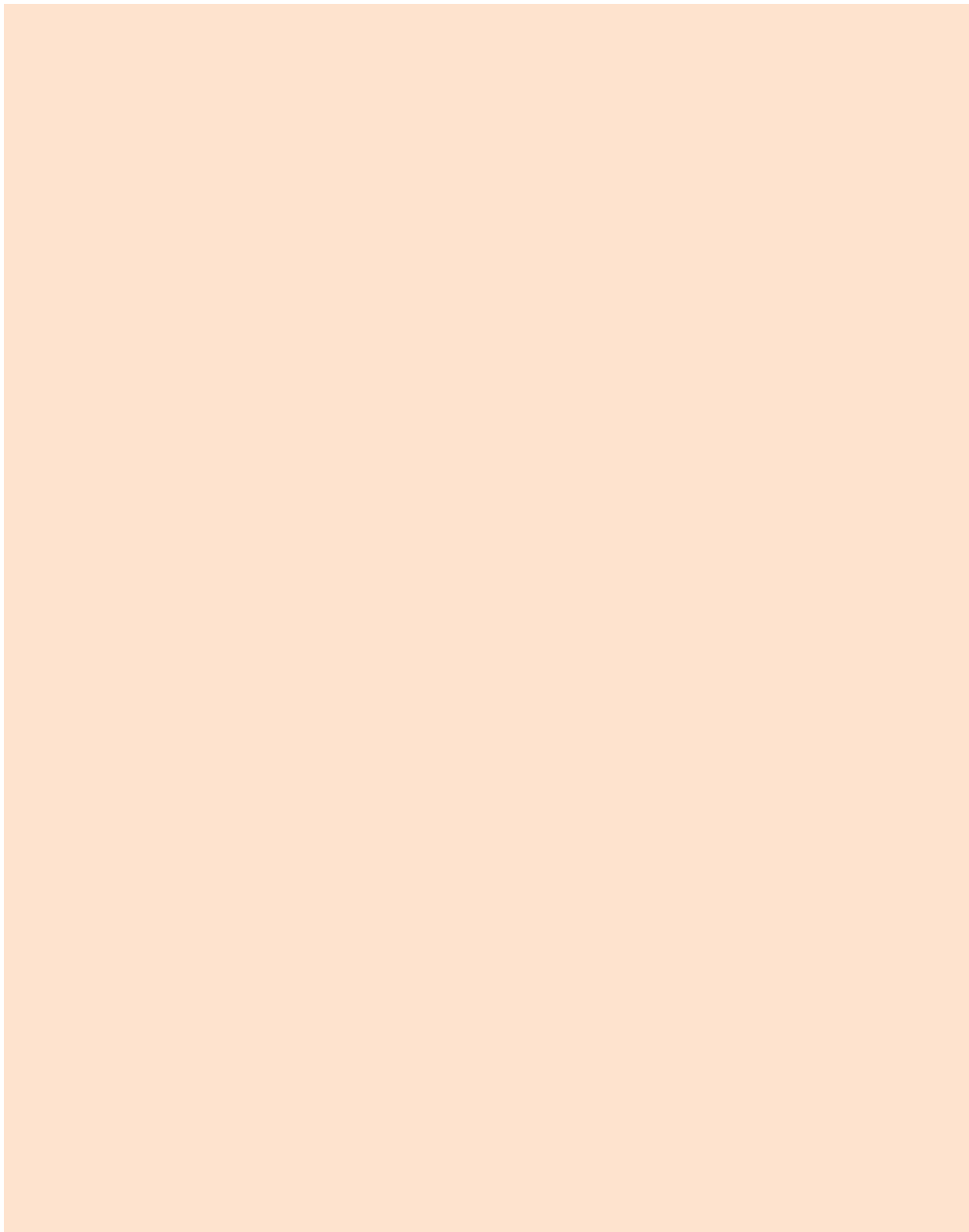


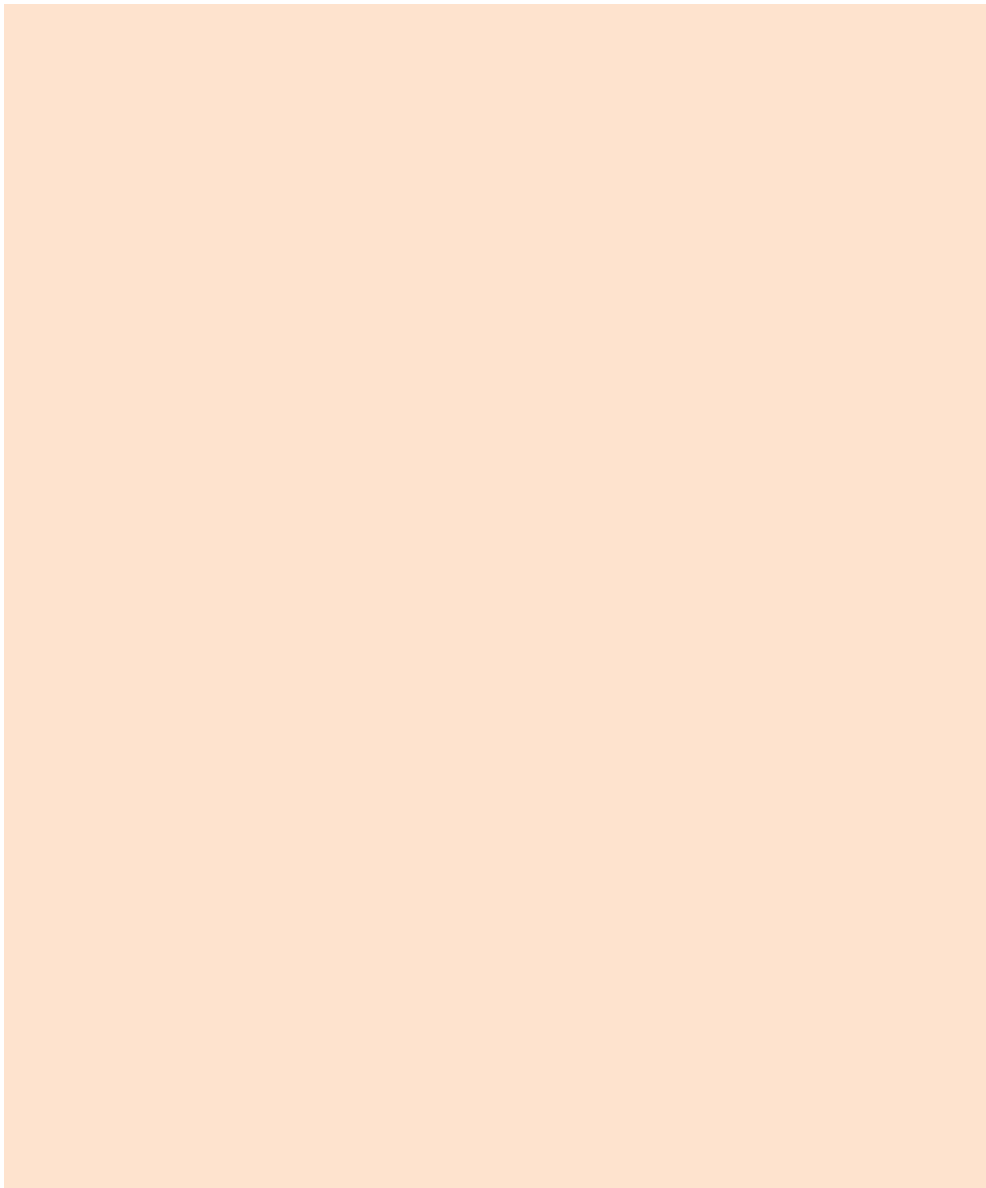


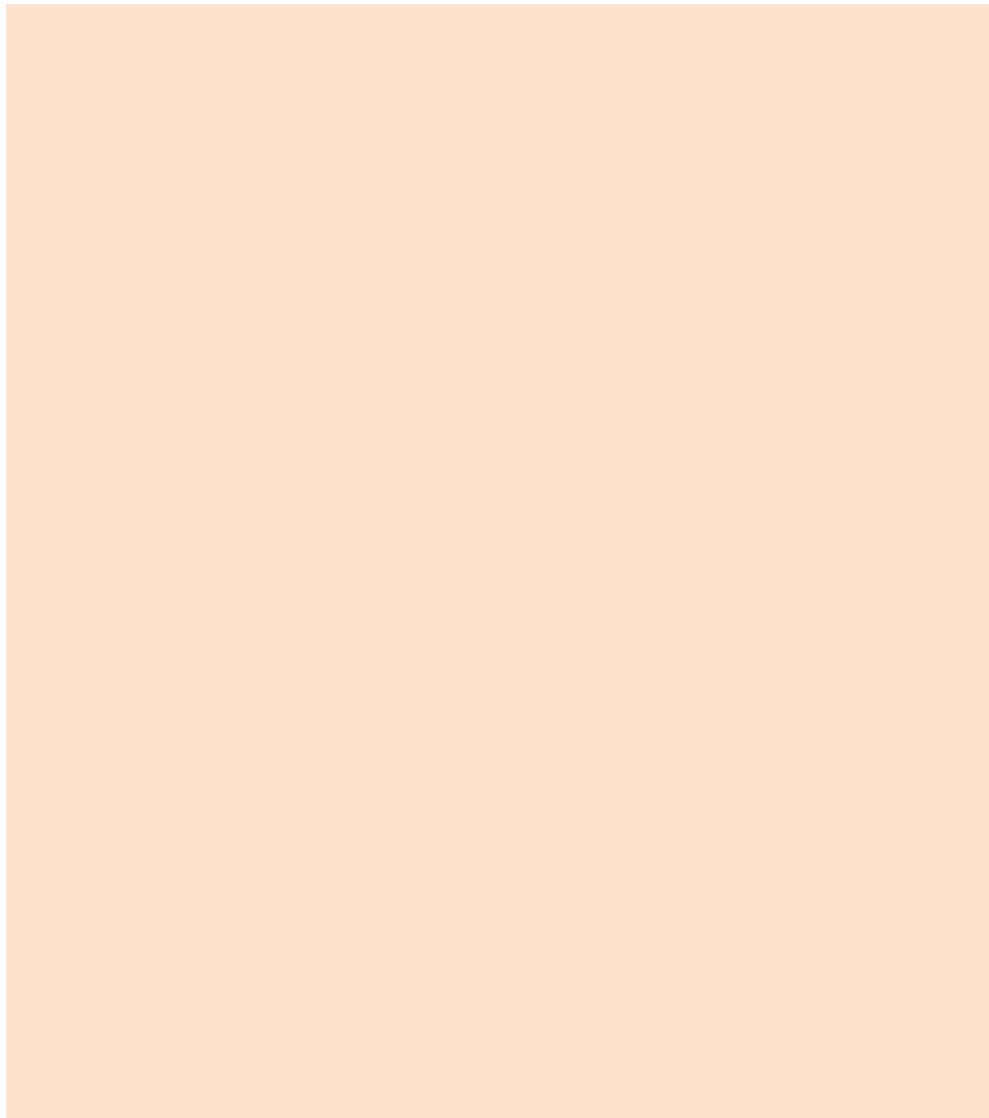


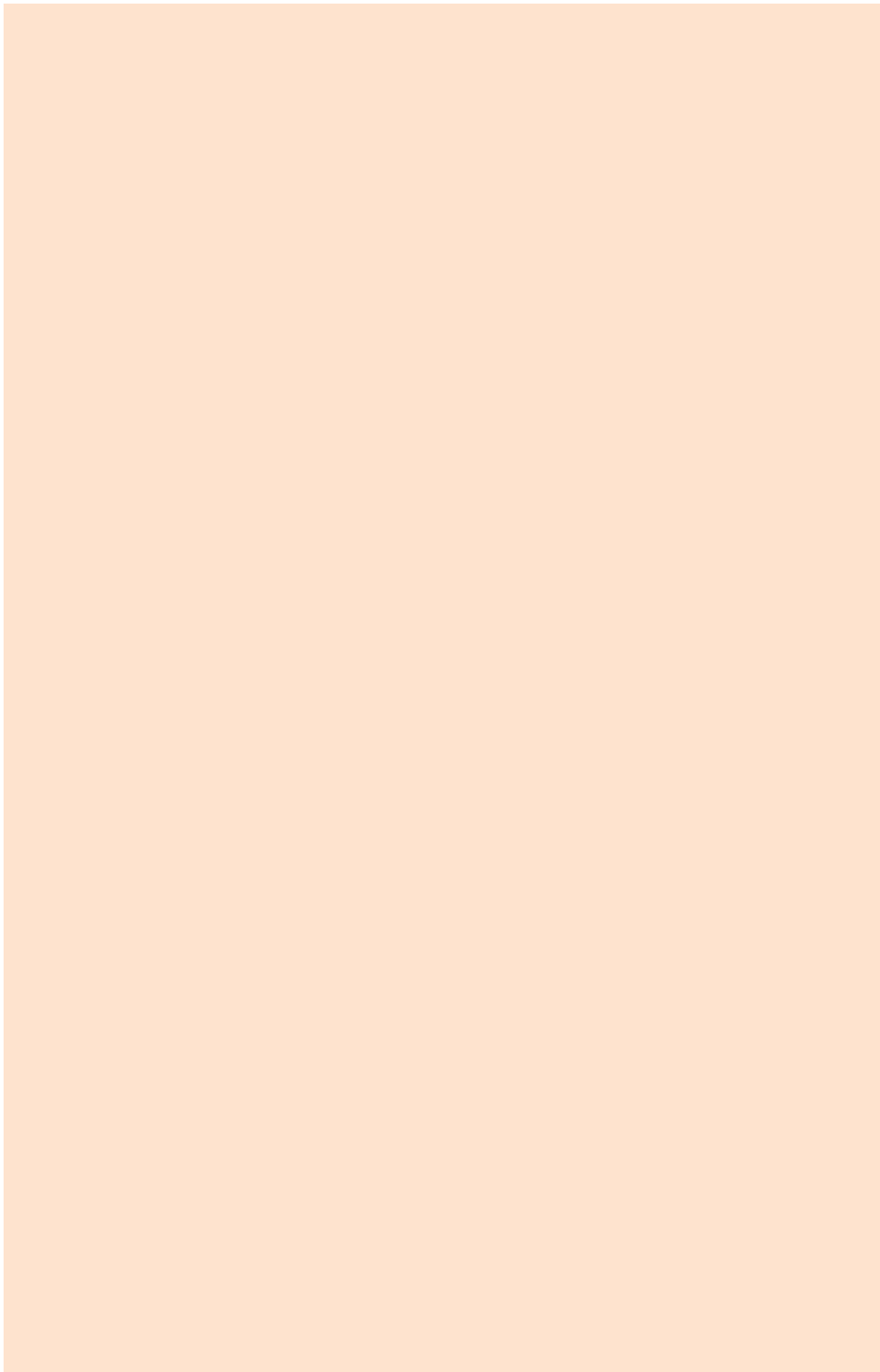


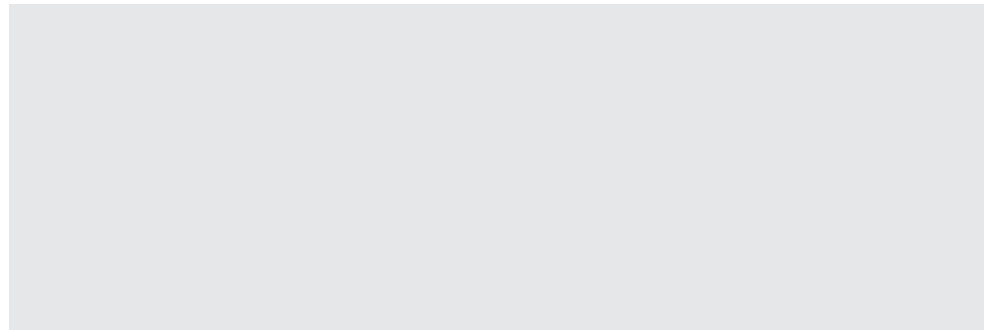












L'AIPE - Associazione Italiana Polistirolo Espanso - è una associazione senza fini di lucro costituita nel 1984 al fine di tutelare l'immagine del polistirene espanso sinterizzato (o EPS) di qualità e di svilupparne l'impiego.

Le aziende associate appartengono sia al settore della produzione delle lastre per isolamento termico AIPOR munite di Marchio UNI - IIP di conformità alla norma UNI 7819 che a quello della produzione di manufatti destinati all'edilizia ed all'imballaggio.

Dal maggio 1994, a sottolineare l'impegno dell'Associazione per una sempre maggiore rappresentatività sul mercato, è in vigore il nuovo statuto che apre l'adesione all'AIPE a tutti i produttori di semilavorati e manufatti in polistirene espanso, anche se non ancora dotati di marchi di qualità certificata.

Fanno pure parte dell'AIPE le aziende produttrici della materia prima, il polistirene espandibile, fra le quali figurano le più importanti industrie chimiche europee.

Un ultimo gruppo di soci è costituito dalle aziende fabbricanti di attrezzature per la lavorazione del polistirene espanso sinterizzato.

L'AIPE, con la collaborazione delle aziende associate, ha creato una rete che provvede alla raccolta ed al riciclo di imballi e scarti di polistirene espanso. A livello internazionale l'AIPE rappresenta l'Italia in seno all'EUMEPS - European Manufacturers of Expanded Polystyrene - associazione europea che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di EPS.

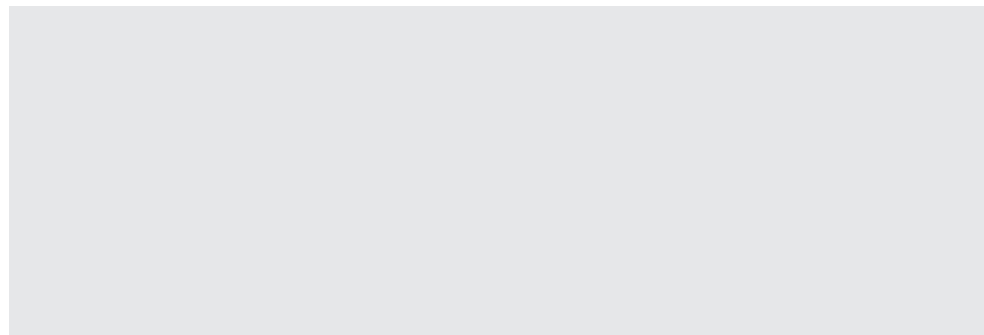
L'AIPE, che opera secondo il principio fondamentale della qualità dei prodotti, fornisce agli utilizzatori una informazione seria ed obiettiva sulle caratteristiche e prestazioni dei semilavorati e manufatti in polistirene espanso sinterizzato di qualità.

AIPE - ASSOCIAZIONE ITALIANA POLISTIROLO ESPANSO

Via M.U. Traiano, 7 - 20149 Milano

Tel. 02-33.60.65.29 - Telefax. 02/33.60.66.04

Indirizzo Internet: <http://www.epsass.it> - E-Mail: aipe@epsass.it



L'EUMEPS, costituita nel 1989, rappresenta gli interessi dei principali produttori europei di polistirene espanso; i suoi membri sono le associazioni di fabbricanti di EPS dei paesi d'Europa, fra cui, per l'Italia, l'AIPE.

L'EUMEPS opera attraverso una serie di comitati che concentrano la propria attenzione su aree di particolare rilevanza.

Il Comitato per l'Ambiente ha lo scopo di inquadrare l'EPS in un contesto ecologico generale e di creare nell'industria edilizia una maggiore consapevolezza dei vantaggi e della versatilità di questo materiale.

Il Comitato inoltre affronta i problemi di impatto ambientale e la relativa regolamentazione.

Nel perseguire questo obiettivo, esso sviluppa contatti con le componenti organizzazioni CEE, con le autorità municipali e con i più importanti gruppi di standardizzazione quali il CEN, l'EOTA e l'ISO.

EUMEPS

European Manufacturers of EPS

Finito di stampare
nel mese di maggio 1998
