

## **MATERIALI COSTITUTIVI DEI PAVIMENTI**

### **GOMMA**

È noto che la composizione della gomma interessa circa un'ottantina di composti chimici; la loro potenziale nocività è stata saggiata mediante modelli sperimentali per controllare soprattutto la loro teratogenicità (Hemminki, 1983).

### **PRODUZIONE**

Tra i composti chimici più significativi, sotto il profilo tossicologico, la letteratura scientifica annovera: l'1,3-butadiene, il 2-metilpropene, il  $\beta$ -cloroprene, l'acrilonitrile, l'isoprene, lo stirene, il thiram e lo ziram. In ogni modo è utile tener presente che questi composti chimici possono colpire l'essere umano nei tre momenti già menzionati: la produzione, l'impiego, e lo smaltimento, con un interessamento diversificato delle categorie di fruitori dell'ambiente ospedaliero, oppure di terzi.

Un momento particolare della lavorazione della gomma sintetica è la vulcanizzazione, durante la quale vengono emessi contaminanti volatili che sono già presenti nelle materie prime oppure sono prodotti di reazione, per cui il calo di peso, secondo Fraser e Rappaport (1976), potrebbe predire la concentrazione dei contaminanti emessi nell'aria. Le ricerche di quei tempi non si esprimevano ancora sulla tossicità cronica né sul potenziale di cancerogenicità. I benzeni clorurati trovano molteplici applicazioni in agricoltura come pesticidi ma sono anche additivi di prodotti della gomma: la loro produzione era notevole, per esempio, nel 1973, in Giappone furono prodotte alcune decine di migliaia di tonnellate per anno, più delle 7.000 del PCB, un inquinante ubiquitario di quel paese estremo-orientale (Morita, 1977). Fishbein (1984) ha illustrato la tossicità di componenti dei polimeri dello stirene, dell'acrilonitrile-butadiene-stirene (ABS) e della gomma stirene-butadiene (SBR) presenti tra gli additivi impiegati in un numero così vasto da rendere arduo il calcolo delle dimensioni delle popolazioni a rischio occupazionale o extralavorativo. Dahl *et al.* (1991) hanno eseguito ricerche sperimentali sulla cancerogenicità dell'1,3-butadiene, composto impiegato ampiamente nella produzione della gomma, comparando tale effetto nocivo nel topo e nel ratto. Tra queste due specie animali, la cancerogenesi è molto più potente nella prima che nella seconda. Gli stessi autori hanno anche fornito una stima indicativa dell'interessamento dell'uomo sia citando i dati di studi epidemiologici sia riferendo che, nel 1989, la produzione di butadiene fu di circa 1.359.000 tonnellate. Più recentemente Dahl e Handerson (2000) hanno approfondito le differenze di specie nel metabolismo e nella tossicità dell'1,3-butadiene, trovando che il topo sviluppa tumori polmonari, mentre il ratto è colpito da tumore della mammella. Anche Mehlman e Legator (1991) hanno riferito sulla nocività dell'1,3-butadiene, composto chimico tossico, cancerogeno, mutageno, presen-

te nell'industria petrolchimica e nei carburanti. Secondo questi autori, i suoi effetti cancerogeni colpiscono molti tessuti, infatti esso causa linfomi linfocitari, emangiomasarcoma del cuore, cancro polmonare alveolo-bronchiolare, cancro a cellule squamose dell'alto stomaco, adenocarcinoma della ghiandola prepuziale, cancro epatocellulare, cancro della tonaca granulosa del follicolo ovarico, cancro del cervello, adenocarcinoma pancreatico, cancro delle cellule di Leydig del testicolo, e adenocarcinoma dei follicoli tiroidei. Tra i lavoratori della gomma esposti acutamente o cronicamente a vapori di benzene, Paustenbach *et al.* (1993) hanno trovato numerosi indicatori biologici di danno, tra cui, dopo un'esposizione cronica ad elevate concentrazioni del composto, anche un incremento dei casi di leucemia mielogeno acuta. L'isoprene, un prodotto della raffinazione del greggio e composto nella produzione del poli-isoprene e della gomma-butile, porta a metaboliti mutageni e tumorigeni, tossicologicamente non trascurabili, ancorchè meno potenti dell'1,3-butadiene (Taalman, 1996). Il 2-metilpropene (chiamato anche isobutene) è un composto gassoso usato in grandi quantità nell'industria della gomma sintetica. Il composto viene metabolizzato in 2-metil-1,2-epossi-propano dai microsomi epatici sia di ratto sia umani. Questa trasformazione è catalizzata dal citocromo microsomale ed è quindi prona al fenomeno dell'induzione enzimatica, con il conseguente potenziamento tossicologico (Cornet e Rogiers, 1997). Va notato che l'intermedio epossidico reattivo è simile a quello del benzene leucemogeno, del naftalene catarattogeno e così di seguito. Gibbs e Mulligan (1997) segnalavano il fatto che allo stirene era prestata relativamente poca attenzione dalla ricerca scientifica a causa della limitatezza del suo impiego industriale. Ciononostante, questi autori attribuivano a tale composto, usato nella produzione del polimero polistirene, di materiali plastici, di gomma, di resine, e di isolanti, un'azione mutageno-cancerogena. Nieuwsma *et al.* (1998) hanno confermato che l'1,3-butadiene, ampiamente usato nell'industria della gomma e come intermedio nei processi di produzione, può esprimere la sua tossicità – soprattutto cancerogenesi nei roditori – previa attivazione metabolica. I n-alcani (paraffine) policlorurati, usati in tutto il mondo in ampie quantità come lubrificanti per temperature elevate, plasticizzanti, nelle colle, nella gomma, nelle plastiche, negli anti-incendio, e nei sigillanti, hanno lunghe permanenze nell'ambiente, anche 520 giorni, e possono esprimere tossicità per i biota (Tomy *et al.* 1998). Riguardo ad un particolare rischio di patologia ambientale, generalmente misconosciuto, Hoyer *et al.* (2001) hanno presentato considerazioni scientifiche di altissimo valore generale, in senso teleologico. Questi autori hanno ricordato che le femmine dei mammiferi nascono con un determinato patrimonio di ovociti nei follicoli primari delle ovaie, che non possono rigenerare. Pertanto, l'azione nociva dei veleni ambientali che distrugge tali ovociti, comporta inevitabilmente una menopausa precoce. Questo è il caso del me-

tabolita, altamente nocivo, di un composto reperibile nel processo produttivo delle ruote di gomma: il diepossido del 4-vinilcicloesene. Tischer (2001) trattando della eventuale tossicità di una sostanza che, sotto forma di polvere, come pigmento, viene aggiunta alle materie prime nella produzione di plastiche e di gomme per la loro colorazione, si domanda cosa significhi “bassa esposizione” quando mancano specifiche ufficiali sui livelli cui corrisponde assenza di effetti nocivi, e presenta alcuni suggerimenti interpretativi per giudicare sulla tollerabilità di composti candidati alla commercializzazione. Il thiram è un composto impiegato in agricoltura come pesticida e fungicida, ma trova un uso non trascurabile anche come agente di vulcanizzazione nell'industria della gomma. Secondo Cereser *et al.* (2001) questo inquinante ha un'azione citotossica, osservata sperimentalmente su colture cellulari, e che dipende dalla dose e dal tempo di esposizione, ma soprattutto ritarda e/o impedisce il recupero della vitalità delle cellule lese. Valentini e Himmelstein (2001) hanno passato in rassegna gli effetti tossici generali, acuti e subcronici, e sulla riproduzione, sullo sviluppo e sul genoma, del  $\beta$ -cloroprene, un 2-cloro derivato dell'1,3-butadiene, usato nella produzione del policloroprene, una gomma sintetica. Tra l'altro, il fegato ed il naso sono i bersagli preferenziali degli effetti nocivi subcronici di questo composto. Bird *et al.* (2001) mettono in evidenza un interessante effetto di sinergismo tossicologico quando citano le ricerche epidemiologiche che documentano una mortalità per leucemia maggiore tra i lavoratori della gomma stirene-butadiene rispetto agli addetti alla produzione del butadiene monomero. Queste differenze nel rischio leucemogeno tra la produzione di 1-3-butadiene e quella della gomma stirene-butadiene sono definite apparenti da Irons *et al.* (2001) che attribuiscono un ruolo del rame nella nota tossicità del ditiocarbamato di rame presente nello stirene-butadiene. Straif *et al.* (1999) fanno risalire l'eziopatogenesi dei numerosi casi di epatopatie croniche non-alcoliche (di tipo citotico) alle nitrosamine a cui sono esposti i lavoratori addetti alla produzione della gomma e di manufatti di gomma. Wilson *et al.* (2004) segnalano che lo ziram, un pesticida usato in agricoltura, ma che entra come additivo nella produzione della gomma svolge un'azione nociva sulle funzioni delle cellule NK (*natural killer*) molto importanti nelle difese contro le infezioni virali e contro i tumori primari. Whittaker *et al.* (2004) riferiscono la possibilità di inquinamento dell'acqua da bere da parte di un composto usato come acceleratore dei processi di vulcanizzazione della gomma, il 2-mercaptobenzotiazolo e indicano nei livelli di 40  $\mu\text{g}/\text{litro}$  la concentrazione totale massima accettabile (TAC) e di 4  $\mu\text{g}/\text{litro}$  la concentrazione ammissibile per un singolo composto (SPAC): indice della precauzione utile per prevenire il sinergismo tra agenti nocivi. Secondo Diodovich *et al.* (2005) l'acrilonitrile è un composto chimico impiegato in grandi quantità nell'industria produttiva della plastica e della gomma. Gli autori sottoli-

neano la possibilità che esso svolga un'azione tossica acuta e che sia cancerogeno; inoltre è responsabile di danneggiare la funzione emopoietica.

### **FRUIZIONE**

Talora copolimeri di etilene-alcol vinilico, la poliamide, e la gomma naturale possono ritenere concentrazioni apprezzabili di formaldeide e di para-formaldeide usate per sterilizzare questi materiali mediante flusso. Vink (1986), dopo aver segnalato il fenomeno, suggeriva di approfondire le ricerche per valutare le possibili conseguenze tossicologiche di questa tecnologia di sterilizzazione. La possibilità del rilascio di anti-ossidanti e/o di stabilizzanti nei cibi o nei liquidi contenuti in recipienti oppure nei liquidi corporei, secondo Scott (1988) pone il problema dell'eventuale nocività per la salute in contrapposizione con la protezione chimica e molecolare dei manufatti di plastica e/o di gomma da parte dei composti additivati. Un caso simile è rappresentato dall'influenza della composizione dei cateteri uretrali sulla vitalità degli spermatozoi quando questi strumenti sono impiegati per il recupero del liquido spermatico da donatori (Davis *et al.*, 1993). Recentemente la conservazione della vitalità degli spermatozoi, è stata impiegata da lemmolo *et al.* (2005) come test di valutazione della biocompatibilità del pistone di gomma di siringhe apiretogene. Chauvel-Lebret *et al.* (1999) hanno valutato la biocompatibilità di diversi elastomeri, concludendo che la gomma al silicone manifesta le caratteristiche più proficue per gli impieghi odontoiatrici.

### **SMALTIMENTO**

Il problema dell'eventuale inquinamento ambientale conseguente allo smaltimento di manufatti di gomma è stato studiato da Birkholz *et al.* (2003) con riferimento ad uno dei più diffusi prodotti dell'industria della gomma: le ruote di gomma da riciclo. Questi autori riferiscono che lo sfarinato di questo tipo di gomma, stratificato sul suolo dei parchi-gioco per bambini, sulla base di ricerche con *bioassays*, può non rappresentare più un rischio apprezzabile dopo circa tre mesi dall'applicazione.