

# L'ESPOSIZIONE CUTANEA AD AGENTI CHIMICI PERICOLOSI

PIERO LA PEGNA\*

## 1 *Introduzione.*

Il contesto normativo riguardante la protezione dei lavoratori da agenti chimici pericolosi sta registrando in questo periodo delle innovazioni che comportano radicali cambiamenti nella trattazione di tale problematica. In passato, difatti, la legislazione italiana in materia si è a lungo basata su criteri per lo più qualitativi e soggettivi, tant'è che, pur essendo noti gli effetti patogeni di molte sostanze, fino a tempi relativamente recenti erano praticamente assenti criteri per l'individuazione e la quantificazione del rischio chimico. Anche le prescrizioni relative ai sistemi per prevenire l'esposizione, benché ineccepibili in linea di principio, erano di fatto spesso svuotate di significato in mancanza di un riscontro quantitativo: ad esempio indicazioni del tipo "nei lavori in cui si svolgono gas o vapori irrespirabili o tossici... il datore di lavoro deve adottare provvedimenti atti ad impedirne o a ridurre, per quanto possibile, lo sviluppo e la diffusione"<sup>1</sup> mancano di criteri oggettivi per verificare la necessità di impedire o ridurre lo sviluppo delle sostanze tossiche o, successivamente ad un intervento mirato a ridurle, per appurare l'avvenuto contenimento delle stesse a livelli non pericolosi per la salute dei lavoratori.

Solo negli ultimi anni, essenzialmente a seguito della pubblicazione del D.Lgs. 277/1991 e del D.Lgs. 626/1994 e successive modificazioni ed integrazioni, viene sancita l'importanza rivestita dalle misurazioni sperimentali sulla effettiva esposizione dei lavoratori come criterio per la valutazione ed il contenimento del rischio e per la pianificazione delle azioni di controllo e/o di risanamento da effettuare successivamente. Fondamentale in questo processo è il confronto di tali misurazioni, effettuate utilizzando metodologie standardizzate, con i valori di esposizione professionale stabiliti nei decreti stessi.

Purtroppo ad oggi la normativa italiana, benché abbia delineato in maniera chia-

\* INAIL - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione, Roma.

1 Art. 18 del D.P.R. 303/1956.

ra gli ambiti metodologici in cui eseguire ed utilizzare le misurazioni sperimentali<sup>2</sup>, ha previsto valori di esposizione professionale per un numero molto esiguo di agenti.

La necessità di valori limite a cui riferire le misurazioni di esposizione professionale è del resto molto sentita nel mondo del lavoro, tant'è che spesso, in mancanza di disposizioni di legge, i contratti di lavoro di categoria fanno riferimento a valori emanati da eminenti organismi nazionali od internazionali. Ormai, anche nell'ambito della Comunità Europea, l'importanza di definire dei valori limite di esposizione professionale è stata riconosciuta da tutti i paesi membri; testimonianza di ciò, è l'emanazione della Direttiva 2000/39/CE che ne elenca una sessantina per altrettanti agenti chimici.

Pur in presenza di questa Direttiva, rimangono, anche per le sostanze espressamente citate nella stessa, delle questioni che sono state affrontate solo marginalmente, benché rivestano grande importanza nell'ottica della protezione del lavoratore da agenti chimici. Una di queste è quella che riguarda l'esposizione cutanea: infatti a questo tipo di esposizione non viene attribuito il giusto peso, essendo la maggior parte dell'attenzione rivolta all'esposizione per via inalatoria.

Nei paragrafi successivi, viene messa in luce l'importanza di questo tipo di contributo e vengono fornite delle indicazioni sulla valutazione e sulla gestione del rischio per questa modalità di esposizione, con particolare riferimento agli agenti chimici citati nella Direttiva Europea.

## 2 La Direttiva 2000/39/CE.

La Direttiva 2000/39/CE, pubblicata sulla G.U. CEE n. 63 del 17 agosto 2000, riporta i "valori limite indicativi" di esposizione professionale per circa una sessantina di agenti chimici. Entro il 31 dicembre 2001 gli stati membri avrebbero dovuto stabilire dei valori limite nazionali, tenendo conto dei valori limite comunitari, ed emanare le relative disposizioni legislative. Una volta recepita anche in Italia, la Direttiva diverrà di fatto una integrazione del D.Lgs. 626/1994, ed i valori limite nazionali andranno ad aggiungersi a quelli attualmente presenti.

Gli agenti elencati nella Direttiva (Tabella 1) sono stati scelti in base alla loro tossicità ed alla loro occorrenza nell'ambito della Comunità Europea: del resto, anche precedentemente alla Direttiva, la pericolosità della quasi totalità di questi agenti di rischio era già stata implicitamente riconosciuta dal D.P.R. 336/1994<sup>3</sup>, in quanto per le patologie connesse con l'impiego di tali sostanze ha luogo da parte dell'INAIL un riconoscimento "automatico" del nesso eziologico.

<sup>2</sup> Fondamentale, a questo riguardo, il riferimento alle norme UNI del D.Lgs. 2002/25, pubblicato sulla G.U. n. 57 del 8 marzo 2002.

<sup>3</sup> Nel D.P.R. 336/1994 non vengono considerati l'argento metallico e l'azoturo di sodio.

Tabella 1

Valori limite indicativi riportati nella Direttiva 2000/39/CE e numero di riferimento per l'agente chimico nel D.P.R. 336/1994

| Denominazione agente              | 8 ore (1)             | Breve termine (2)     | Nota-zione (3) | D.P.R. 336/94 (4) | Denominazione agente          | 8 ore (1)             | Breve termine (2)     | Nota-zione (3) | D.P.R. 336/94 (4) | Denominazione agente              | 8 ore (1)             | Breve termine (2)     | Nota-zione (3) | D.P.R. 336/94 (4) |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-------------------|
|                                   | mg/m <sup>3</sup> (5) | mg/m <sup>3</sup> (5) |                |                   |                               | mg/m <sup>3</sup> (5) | mg/m <sup>3</sup> (5) |                |                   |                                   | mg/m <sup>3</sup> (5) | mg/m <sup>3</sup> (5) |                |                   |
| Dietiletere                       | 308                   | 616                   |                | 38                | Etilen glicol                 | 52                    | 104                   | pelle          | 25                | Acrilato di n-butile              | 11                    | 53                    |                | 38                |
| Acetone                           | 1210                  |                       |                | 37                | Metossipropanolo-2, 1-        | 375                   | 568                   | pelle          | 38                | Eptano, n-                        | 2085                  |                       |                | 29                |
| Cloroformio                       | 10                    |                       | pelle          | 36                | Metilpentan-2-one, 4-         | 83                    | 208                   |                | 37                | 1,2,3-Trimetilbenzene             | 100                   |                       |                | 35                |
| Tricloroetano 1,1,1-              | 555                   | 1110                  |                | 36                | m-Xilene                      | 221                   | 442                   | pelle          | 30                | 5-metileptan-3-one                | 53                    | 107                   |                | 37                |
| Etilammina                        | 9.4                   |                       |                | 34                | 2-metossi-1-metilacetato      | 275                   | 550                   | pelle          | 38                | Acetato di 1-metilbutile          | 270                   | 540                   |                | 38                |
| Dicloroetano, 1,1-                | 412                   |                       | pelle          | 36                | Mesitilene                    | 100                   |                       |                | 30                | Acetato di pentile                | 270                   | 540                   |                | 38                |
| Fosgene                           | 0.08                  | 0.4                   |                | 27                | Clorobenzene                  | 47                    | 94                    |                | 35                | Acetato di 3-amile                | 270                   | 540                   |                | 38                |
| Clorodifluorometano               | 3600                  |                       |                | 36                | Cicloesanoone                 | 40.8                  | 81.6                  | pelle          | 37                | Acetato di terz-amile             | 270                   | 540                   |                | 38                |
| Butanone                          | 600                   | 900                   |                | 37                | Fenolo                        | 7.8                   |                       | pelle          | 33                | Xilene, isomeri misti, puro       | 221                   | 442                   | pelle          | 30                |
| Acido propionico                  | 31                    | 62                    |                | 39                | Tetraidrofurano               | 150                   | 300                   | pelle          | 38                | Sulfotep                          | 0.1                   |                       | pelle          | 3                 |
| o-Xilene                          | 221                   | 442                   | pelle          | 30                | 5-metilesan-2-one             | 95                    |                       |                | 37                | Acido fluoridrico                 | 1.5                   | 2.5                   |                | 11                |
| Diclorobenzene, 1,2-              | 122                   | 306                   | pelle          | 35                | Eptan-2-one                   | 238                   | 475                   | pelle          | 37                | Argento metallico                 | 0.1                   |                       |                |                   |
| 1,2,4-trimetilbenzene             | 100                   |                       |                | 30                | Piperazina (vapori e polveri) | 0.1                   | 0.3                   |                | 34                | Acido cloridrico                  | 8                     | 15                    |                | 11                |
| Cumene                            | 100                   | 250                   | pelle          | 30                | Butossietanolo, 2-            | 98                    | 246                   | pelle          | 25                | Acido ortofosforico               | 1                     | 2                     |                | 3                 |
| Fenilpropene, 2, 2 -              | 246                   | 492                   |                | 30                | 2-Butossietilacetato          | 133                   | 333                   | pelle          | 38                | Ammoniaca anidra                  | 14                    | 36                    |                | 12                |
| Etilbenzene                       | 442                   | 884                   | pelle          | 30                | Etere dimetilico              | 1920                  |                       |                | 38                | Fluoro                            | 1.58                  | 3.16                  |                | 11                |
| c-Caprolattame (polvere e vapori) | 10                    | 40                    |                | 42                | 1,2,4-Triclorobenzene         | 15.1                  | 37.8                  | pelle          | 35                | Seleniuro di idrogeno             | 0.07                  | 0.17                  |                | 17                |
| Eptan-3-one                       | 95                    |                       |                | 37                | Trietilammina                 | 3.4                   | 12.6                  | pelle          | 34                | Acido bromidrico                  |                       | 6.7                   |                | 11                |
| p-Xilene                          | 221                   | 442                   | pelle          | 30                | Acetato di isoamile           | 270                   | 540                   |                | 38                | Azoturo di sodio                  | 0.1                   | 0.3                   | pelle          |                   |
| Diclorobenzene, 1,4-              | 122                   | 306                   |                | 35                | Dimetilammina                 | 3.8                   | 9.4                   |                | 34                | (2-Metossimetilietossi) propanolo | 308                   |                       | pelle          | 25                |
| Alcooli alifatici                 | 4.8                   | 12.1                  | pelle          | 25                | N,N-Dimetilacetammide         | 36                    | 72                    | pelle          | 39                | Fluoruri inorganici               | 2.5                   |                       |                | 11                |

(1) Misurato o calcolato rispetto ad un periodo di riferimento di otto ore.

(2) Valore limite al di sopra del quale non vi deve essere esposizione e si riferisce ad un periodo di 15 minuti, se non altrimenti specificato.

(3) Una notazione cutanea attribuita ai valori limite di esposizione rivela la possibilità di assorbimento significativo attraverso la pelle.

(4) Numero di riferimento per l'agente chimico nel D.P.R. 336/94 (Industria)

(5) mg/m<sup>3</sup>: milligrammi per metro cubo di aria a 20°C e 101.3 KPa

I "valori limite indicativi" sono espressi come concentrazione in aria, e si riferiscono espressamente al controllo dell'esposizione per via inalatoria.

Non vi è dubbio che, per le sostanze elencate, il riferimento ad un valore stabilito per legge renderà meno soggettive le valutazioni del rischio effettuate dal datore di lavoro o da suoi incaricati; rimane, tuttavia, un ampio margine di discrezionalità per quello che riguarda la valutazione della possibilità di assorbimento dell'inquinante attraverso la pelle.

Infatti per molte delle sostanze elencate esiste la notazione "pelle" e, come indicato nelle note, "una notazione cutanea attribuita ai valori limite di esposizione rivela la possibilità di assorbimento significativo attraverso la pelle": mancano però completamente indicazioni sulle metodologie per la quantificazione di questa esposizione e i relativi valori limite. Tale mancanza non è relativa solo alla Direttiva Europea: difatti, anche rifacendosi a quanto stabilito dai più eminenti organismi internazionali, raramente si ottengono delle indicazioni utili. Ad esempio l'American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH) suggerisce, per le sostanze tossiche per le quali vi possa essere assorbimento attraverso la pelle, l'utilizzazione del monitoraggio biologi-

co<sup>4</sup>, e, ove non possibile, raccomanda di evitare l'esposizione (MARCHESINI, 1998).

Va infine messo in evidenza che la presenza della notazione "pelle", nella Direttiva così come nelle tabelle emanate da organismi internazionali, non è in alcun modo correlata con la pericolosità che la sostanza può avere direttamente per la cute: quel che conta per l'attribuzione della suddetta notazione è solo la possibilità che l'agente possa essere assorbito attraverso la pelle.

### 3 Rilevanza dell'esposizione cutanea.

Per un dato agente chimico pericoloso l'introduzione nell'organismo umano può avvenire per inalazione, per ingestione o per assorbimento cutaneo.

La modalità di introduzione per ingestione può essere trascurata nell'ambito di esposizioni lavorative.

Per quanto riguarda le altre due modalità, la via inalatoria è stata da sempre quella su cui si è concentrata maggiormente l'attenzione degli igienisti industriali e per la quale, negli anni, sono stati messi a punto protocolli di indagine sempre più perfezionati e sono state stabilite od ipotizzate correlazioni tossicologiche ed epidemiologiche tra patologie e concentrazioni ambientali. Come conseguenza del grande numero di studi che hanno riguardato l'assorbimento per inalazione, già da parecchi anni la comunità scientifica ha proposto dei limiti di esposizione professionale (intesi come massima concentrazione possibile dell'inquinante nell'aria presente nell'ambiente di lavoro) per svariati agenti chimici pericolosi.

L'assorbimento per via cutanea ha invece destato minore interesse da parte degli igienisti industriali, sia perché per la maggior parte delle sostanze si riteneva trascurabile il suo contributo all'assorbimento totale, sia perché i metodi per la sua valutazione risultavano più complessi e difficilmente standardizzabili.

Studi relativamente recenti hanno però messo in evidenza che trascurare l'esposizione cutanea significa in molti casi sottostimare enormemente la dose assorbita dai lavoratori.

Infatti, per molti agenti chimici pericolosi con bassa tensione di vapore, quali ad esempio i pesticidi, è estremamente difficile, anche in condizioni particolarmente sfavorevoli, che l'evaporazione della sostanza sia tale da determinare condizioni in cui venga superato il valore limite per la concentrazione in aria; pertanto una valutazione basata esclusivamente sul contributo della via inalatoria indicherebbe una assenza di rischio.

Ciononostante, sono state da tempo individuate patologie che si possono chiaramente ricondurre all'uso di pesticidi<sup>5</sup>, e le ricerche che ne sono conseguite mostrano che, se da un lato l'esposizione per via inalatoria spesso non determina un rischio per la salute, così non è per quella cutanea, che mediamente risulta 100 volte superiore rispetto all'altra (POPENDORF & LEFFINGWELL, 1982).

Analogamente, per i composti altobollenti, quali ad esempio per i monoeteri dei glicoli liquidi<sup>6</sup>, alcuni autori hanno mostrato che l'esposizione attraverso la

4 Nella attuale legislazione italiana, il monitoraggio biologico è previsto solo per il piombo, che non ha la notazione "pelle".

5 Come il Sulfotep, citato nella Direttiva Europea.

6 Come il 2-1 metossipropanolo e del 2-butossietanolo, per restare nell'ambito della Direttiva.

pele è una modalità di introduzione nell'organismo assai più efficace dell'inhalazione, tant'è che da una esposizione di 15 minuti di mani e avambracci risulta in una dose assorbita per via cutanea assai superiore a quella che si assorbirebbe per via inalatoria respirando per 8 ore alla concentrazione limite (KEZIC & SANJA, 1997).

Vi sono poi anche dei casi in cui, benché la via inalatoria sia certamente la predominante, non si può trascurare quella cutanea: infatti, controllando e riducendo l'assorbimento per via inalatoria, il contributo relativo di quella cutanea diviene più importante, e, se non viene preso in considerazione, vanifica in parte gli sforzi per ridurre l'assorbimento globale.

Un esempio tipico è quello del benzene: l'Occupational Safety & Health Administration (OSHA) ha stimato che la riduzione del valore della concentrazione in aria da 10 ppm a 1 ppm ha comportato per i lavoratori del comparto della gomma un aumento del contributo dell'assorbimento cutaneo alla dose totale dal 4 al 30% e che, con una riduzione spinta fino a 0,1 ppm, l'apporto dell'assorbimento cutaneo rappresenterebbe il 60% del totale (FRENSKE & VAN HEMMEN, 1994).

#### **4 Modalità con cui ha luogo l'esposizione cutanea.**

La contaminazione della pelle con agenti chimici pericolosi può aver luogo come risultato di differenti processi. Tra questi si possono citare:

- immersione in soluzioni contaminate;
- schizzi dell'inquinante o di soluzioni che lo contengano;
- contatto con superfici contaminate;
- deposizione di particelle o vapori sulla pelle in seguito alla sommersione in atmosfere contenenti l'agente sotto forma di vapore o di aerosol.

Le prime tre modalità di contaminazione richiedono, per poter essere valutate correttamente, l'effettuazione delle misurazioni indicate nei paragrafi successivi. Per quanto riguarda la quarta, invece, risulta poco chiaro dalla lettura della tabella della Direttiva Europea se il valore di concentrazione in aria tenga conto solo dell'assorbimento dell'inquinante per via inalatoria, od anche per assorbimento cutaneo in seguito alla sommersione nei vapori<sup>7</sup>. La questione non è di poco conto, in quanto il contributo dell'assorbimento cutaneo per sommersione di alcune sostanze citate nella Direttiva può raggiungere il 10% dell'assorbimento totale (LARESE e coll., 1999).

Assumendo una derivazione tossicologica od epidemiologica dei valori limite, questi dovrebbero tener conto di entrambe i contributi, essendo poco realistica una esposizione all'inquinante esclusivamente dell'apparato respiratorio senza una contemporanea esposizione cutanea. Anche in questo caso non è comunque corretto trascurare l'esposizione per sommersione: un esempio tipico è quello in cui, non essendo possibile contenere la concentrazione in aria di un dato inquinante, si utilizzano degli autorespiratori senza proteggere contemporaneamente la pelle (LEUNG & PAUSTENBACH, 1994).

7 Questa ambiguità riguarda anche i valori limite emanati dall'ACGIH, OSHA, ecc.

## 5 Considerazioni sulla valutazione del rischio per esposizione cutanea.

La valutazione del rischio per esposizione cutanea, cioè il processo che consiste nell'individuare e quantificare il rischio derivante da questo tipo di esposizione, non si discosta nei principi generali da quelli ormai codificati per tali attività. Riassumendo schematicamente i punti principali, questi potrebbero essere:

- A) elencare tutti gli agenti chimici impiegati (classificati come pericolosi o meno, con la notazione pelle o meno);
- B) identificare i rischi derivanti dagli agenti chimici precedentemente elencati, da loro miscele, da loro prodotti di ossidazione, decomposizione e sintesi (che possono effettivamente aver luogo nell'ambiente di lavoro);
- C) elencare le fasi lavorative che comportano l'impiego di tali agenti;
- D) identificare le fasi lavorative suscettibili di determinare una esposizione cutanea alle sostanze individuate nel punto precedente;
- E) stabilire se l'esposizione cutanea nelle fasi lavorative precedentemente individuate può comportare o meno rischio per la salute;
- F) definire, per le fasi lavorative individuate nel punto precedente, un criterio che quantifichi il rischio.

Per quanto riguarda meramente l'osservanza della Direttiva Europea e della disposizione legislativa nazionale che la recepirà, il processo risulta abbastanza semplificato dal fatto di avere solo una ventina di composti classificati con la notazione "pelle"; una valutazione del rischio che contempli tutti gli agenti chimici pericolosi risulta invece assai più complessa, sia per il numero di sostanze con cui si ha a che fare, sia per le scarse informazioni che si hanno sulla pericolosità delle stesse riguardo l'esposizione cutanea.

La quantificazione del rischio (punto F) avviene di solito tenendo conto della tossicità della sostanza, dell'esposizione cutanea che si ha durante un dato evento e della probabilità che si verifichi l'evento; ad ognuno di questi parametri viene attribuito un punteggio, ed il rischio è dato da una funzione (generalmente il prodotto) dei tre. Esistono tabelle che, pur prive di riconoscimento legale, attribuiscono punteggi ai vari fattori e consigliano le priorità degli interventi per i vari valori di rischio (PACKHAM, 2001). Qualsiasi criterio si utilizzi, lo scopo finale è comunque quello di individuare quelle circostanze in cui vi sia una esposizione cutanea tale da determinare per il lavoratore un rischio non trascurabile di avere effetti dannosi per la salute.

In ogni caso, per una corretta valutazione degli ultimi tre punti del processo (punti D, E, F), è quasi inevitabile ricorrere a delle misurazioni sperimentali. Nei punti successivi, sono descritti i principali tipi di misurazioni sperimentali ed il loro impiego.

### 5.1 *Controllo della contaminazione delle superfici* — Il controllo della contaminazione delle superfici è di fondamentale importanza per il contributo che può dare, nella fase di valutazione del rischio, alla caratterizzazione degli ambienti di lavoro e delle fasi lavorative.

Generalmente la raccolta del contaminante si attua per sfregamento a secco od a umido di dispositivi di campionamento sulla superficie esaminata. I dispositivi più comunemente impiegati sono filtri in fibra di vetro, filtri in carta ed in esteri misti di cellulosa o in polivinilcloruro<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> Per applicazioni particolari, esistono dispositivi impregnati di carbone attivo, derivatizzati o a lettura diretta.

Non vi è allo stato attuale un protocollo per il campionamento e la gestione dei campioni che goda di un riconoscimento generalizzato tra gli igienisti industriali, anche se alcuni organismi internazionali, quali ad esempio l'OSHA, forniscono delle indicazioni generali (OSHA, 1998).

Le superfici da sottoporre a controllo dovranno essere tutte quelle suscettibili di venire in contatto con la pelle del lavoratore. La valutazione deve comprendere la possibilità di contatto sia diretto (piani di lavoro, manopole, pezzi lavorati, ecc.) che indiretto: ad esempio il pavimento, nel caso in cui la superficie delle scarpe possa venire in contatto con la pelle del lavoratore (nell'indossarle, nel riporle negli armadietti personali, ecc.).

In linea teorica, dalla valutazione della contaminazione superficiale, sarebbe possibile determinare l'esposizione cutanea del lavoratore. In tal senso va la formula proposta dall'Environmental Protection Agency (EPA, 1992). Gli studi condotti hanno però messo in evidenza come questa od altre formule comunque complesse risultino spesso inadeguate, determinando in molti casi stime che possono differire dalla reale esposizione di un fattore da 100 a 1000. Infatti un modello accurato dovrebbe tener conto di un elevatissimo numero di fattori, tra cui la temperatura a cui avviene il contatto tra la pelle e la superficie contaminata, la pressione atmosferica, la pressione con cui avviene il contatto, l'area di pelle che effettivamente viene a contatto con la superficie, la durata dei contatti, la frequenza dei contatti, l'aderenza relativa del contaminante, ecc. (BROUWER e coll., 2001).

Per i motivi precedentemente enunciati, nessun eminente organismo internazionalmente ha finora emanato dei limiti di contaminazione superficiale per inquinanti chimici in ambienti di lavoro; del resto, per specifiche situazioni lavorative, l'igienista industriale potrebbe definire dei valori di contaminazione superficiale di riferimento che, se rispettati, assicurerebbero un adeguato livello di protezione dei lavoratori per quanto riguarda la possibilità di esposizione cutanea derivante da questo contributo (OSHA, 1998).

Come risulterà chiaro nei paragrafi successivi, il controllo della contaminazione superficiale è di fondamentale importanza anche nella fase di gestione del rischio. Ad esempio, tale tipo di misurazione può essere utilizzata per controllare che le procedure di pulizia o di decontaminazione abbiano avuto il risultato atteso o per testare l'efficacia dei Dispositivi di Protezione Individuale verificando l'assenza di contaminazione all'interno degli stessi.

- 5.2 *Misurazione dell'esposizione cutanea* — La valutazione dell'esposizione cutanea può essere eseguita misurando la quantità di inquinante che si deposita sulla pelle (metodo diretto) od eseguendo un monitoraggio biologico, cioè individuando l'inquinante o suoi metaboliti in escreti o campioni di sangue dei lavoratori esposti (metodo indiretto).

Il monitoraggio biologico sarebbe la metodologia da preferire in quanto integra tutte le vie di esposizione (cutanea ed inalatoria), non richiede interventi durante le fasi lavorative, e fornisce la dose realmente assorbita dal lavoratore<sup>9</sup>; tutta-

<sup>9</sup> Infatti, non tutto l'inquinante inalato e/o depositato sulla cute viene effettivamente assorbito dall'organismo.

via esso presenta una serie di inconvenienti che lo rendono, di fatto, quasi inapplicabile. Tra questi si possono ricordare i seguenti:

- non sempre è stato individuato un metabolita ed una metodologia analitica riconosciuta per la valutazione dell'inquinante: per nessuno degli inquinanti con la notazione "pelle" riportati nella Direttiva è previsto per legge, nazionale o comunitaria, un monitoraggio biologico. Anche volendosi rifare all'ACGIH, questa ha finora individuato dei metaboliti, delle metodologie analitiche e dei valori limite di esposizione professionale solo per 6 delle 26 sostanze tossiche con la notazione "pelle" riportate nella Direttiva;
- il prelievo dei campioni può essere a volte invasivo e difficilmente accettato dai lavoratori;
- vi possono essere delle sostanziali differenze metaboliche da individuo ad individuo;
- il monitoraggio biologico risulta, nei casi reali, meno sensibile rispetto ai metodi diretti di un fattore tra 3 e 30 (OSHA, 1996).

Di fatto, per la valutazione dell'esposizione cutanea, i metodi diretti sono spesso gli unici applicabili. Tra questi, quello prevalentemente utilizzato fa uso dei "sostituti cutanei", cioè di superfici assorbenti poste, durante le fasi lavorative, a contatto diretto con la pelle e che vengono contaminate in sua vece<sup>10</sup>. Benché anche per l'esecuzione di questo tipo di monitoraggi non esista un protocollo che goda di un riconoscimento generalizzato, l'OSHA (OSHA, 1996) ha stabilito criteri riguardanti, ad esempio, la suddivisione del corpo in aree anatomiche, la superficie minima di area anatomica cui applicare i sostituti cutanei, la loro collocazione approssimativa, ecc.

Dopo l'esposizione per un periodo di tempo noto, i sostituti cutanei vengono rimossi, l'agente chimico viene estratto dal sostituto cutaneo con i solventi convenzionalmente utilizzati per quel dato inquinante, e la soluzione viene analizzata. Altri metodi diretti, di impiego più limitato, sono il lavaggio delle aree anatomiche (essenzialmente le mani) con acqua<sup>11</sup> e la successiva analisi delle acque di lavaggio o l'impiego di sistemi di video controllo e di traccianti fluorescenti (OSHA, 1998).

Da questo tipo di monitoraggi, si può facilmente ricavare la quantità di inquinante per unità di superficie e per unità di tempo e la dose totale depositata (globale e per le singole aree anatomiche). Quest'ultima grandezza permette di evidenziare la distribuzione dell'inquinante sulle diverse zone del corpo: gli studi mostrano che può facilmente variare da un'area all'altra anche di un fattore 100 e che la maggior parte dell'esposizione (spesso più dell'80%) riguarda le mani (JESTER, 1991).

Tra le limitazioni principali inerenti l'impiego dei metodi diretti si possono ricordare le seguenti:

- nel calcolo delle grandezze precedentemente riportate si fa l'ipotesi di una uniformità spaziale e temporale della deposizione (almeno all'interno delle varie aree anatomiche);
- la valutazione con i metodi diretti può interferire con le fasi lavorative;
- i sostituti cutanei raccolgono con una efficienza limitata gli inquinanti volatili.

<sup>10</sup> In genere guanti di cotone per le mani, e superfici di cotone di 20-30 cm<sup>2</sup> per le altre parti del corpo.

<sup>11</sup> L'utilizzo dei solventi è sconsigliato perché potrebbe promuovere l'assorbimento attraverso la pelle.



Esistono sostituti cutanei che trattengono anche la frazione volatile, ma presentano a loro volta l'inconveniente di assorbire parte dell'inquinante presente come aerodisperso comportandosi di fatto da campionatori passivi per la parte inalatoria (NESS, 1994);

- l'interpretazione dei dati può essere difficoltosa, dal momento che non esistono limiti di esposizione professionale cutanea, e che non è facile ricavare la quantità effettivamente assorbita nell'organismo dalla quantità depositata sulla cute. Anche se l'ultimo punto sembrerebbe limitare enormemente l'utilizzabilità di questo tipo di misurazioni, è comunque possibile eseguire delle valutazioni di massima nel caso di sostanze che possiedano almeno un limite di esposizione espresso come concentrazione in aria<sup>12</sup>: basta infatti confrontare la dose globale depositata sulla pelle con la quantità totale di sostanza che il lavoratore inalerebbe se si trovasse per otto ore esposto esattamente al valore limite di concentrazione in aria<sup>13</sup>. Ovviamente tale confronto fornisce solo un ordine di grandezza del livello di rischio, in quanto viene fatta l'ipotesi che tutto l'inquinante depositato sulla pelle e tutto quello inalato sia completamente assorbito dall'organismo.

## 6 Considerazioni sulla gestione del rischio per esposizione cutanea.

Una volta individuati e quantificati i rischi, la fase successiva consiste nella Gestione del Rischio, e cioè nell'intraprendere le azioni necessarie per ridurre il rischio ad un valore accettabile e per verificarne periodicamente l'entità. L'assenza di limiti per l'esposizione cutanea e per la contaminazione superficiale rende anche questo processo particolarmente problematico, dal momento che risulta difficile individuare dei livelli di esposizione di sicurezza cui riferire gli interventi di contenimento e le verifiche periodiche.

I principi generali su cui si basa la gestione di questo rischio sono riassunti nei punti che seguono.

- 6.1 *Progettazione di luoghi di lavoro intrinsecamente sicuri* — Questo tipo di intervento prevede il coinvolgimento, in fase di progettazione o di completa ristrutturazione dei luoghi di lavoro, di igienisti industriali specializzati nel campo. Pur essendo la via preferibile per il controllo dell'esposizione, è spesso quella più onerosa e difficoltosa da attuare per impianti già avviati.
- 6.2 *Controlli di processo* — Si tratta di controlli atti a ridurre l'esposizione cutanea indipendentemente dal comportamento del lavoratore. Tra questi si possono ricordare:
  - la sostituzione di composti chimici pericolosi con altri meno pericolosi: nell'ottica dell'applicazione della Direttiva, si tratta di sostituire le sostanze citate nella tabella con altre non citate e che risultino di pericolosità minore.

<sup>12</sup> È questo ad esempio il caso degli agenti chimici citati nella Direttiva Europea.

<sup>13</sup> Assumendo per un lavoro leggero una respirazione media di 20 litri/minuto e per un lavoro moderatamente pesante di 30 litri/minuto, in otto ore si avrebbero rispettivamente circa 10 e 15 m<sup>3</sup>; quindi la quantità totale inalata in milligrammi corrisponde al valore limite, espresso in mg/m<sup>3</sup>, moltiplicato per 10 o per 15.

Questa operazione è resa non facile dalle informazioni spesso carenti in merito alla possibilità di assorbimento cutaneo delle sostanze;

- l'automazione delle fasi a rischio: per evitare o ridurre al minimo l'eventualità che il lavoratore venga in contatto con la sostanza tossica, bisogna limitarla, se non fosse possibile una automazione completa, alle fasi di carico, scarico e pulizia del macchinario;

- l'interposizione di barriere fisiche;

- l'aspirazione localizzata, per ridurre, oltre all'esposizione per via inalatoria, anche quella cutanea da aerosol e vapori;

- l'equipaggiamento e l'organizzazione del lavoro: consiste nel fornire l'equipaggiamento adeguato e nell'organizzare il lavoro in modo che venga ridotto al minimo il numero di lavoratori che potrebbero essere esposti. Se, ad esempio, bisogna immergere dei pezzi in una soluzione, il "controllo di processo" potrebbe consistere nel dotare i lavoratori di pinze adeguate o, se possibile, nell'equipaggiare i pezzi da immergere di maniglie che rimangano esterne al bagno di immersione.

6.3 *Utilizzazione dei Dispositivi di protezione individuale* — Ove non risulti possibile controllare l'esposizione cutanea in altro modo, per situazioni poco frequenti (manutenzione straordinaria) e per situazioni d'emergenza, bisogna prevedere l'impiego di Dispositivi di Protezione Individuale (DPI). Dal momento che, come detto in precedenza, nella maggior parte dei casi l'esposizione si localizza prevalentemente sulle mani, sarà sulla protezione di queste che verrà focalizzata la discussione seguente.

6.3.1 *Indicazioni generali sulla scelta e l'utilizzazione dei guanti* — Nella scelta dei guanti per la protezione dagli agenti chimici pericolosi, è di primaria importanza la resistenza che il materiale di cui sono costituiti offre al passaggio degli stessi. Questa resistenza è descritta dal tempo di permeazione, cioè il tempo che trascorre tra il contatto iniziale dell'inquinante con la superficie esterna del guanto ed il momento in cui tale inquinante può essere individuato sulla sua superficie interna.

Il fattore che influenza principalmente il tempo di permeazione è ovviamente la natura chimica del materiale che costituisce il guanto in relazione all'agente chimico considerato. Hanno però importanza anche i seguenti fattori:

- spessore del materiale costituente il guanto<sup>14</sup>;

- concentrazione dell'agente chimico con cui il guanto viene a contatto;

- quantità dell'agente chimico con cui il guanto viene a contatto;

- tempo in cui il guanto è a contatto con l'agente chimico;

- frequenza dei contatti;

- tipo di contatto (immersione, schizzi, contatto con superficie contaminata, nebbiolina ecc.);

- temperatura.


La fonte principale di informazioni per quanto riguarda la scelta dei materiali costituenti il guanto dovrebbe essere la scheda di sicurezza dell'agente chimico impiegato. In realtà, le informazioni riportate su tali schede sono spesso insuffi-

<sup>14</sup> Raddoppiando lo spessore dei guanti, il tempo di permeazione pressappoco quadruplica.

cienti, generiche ed in rari casi addirittura fuorvianti. Nel caso, ad esempio, degli agenti chimici citati nella Direttiva, le indicazioni fornite sulle schede di sicurezza da uno dei maggiori produttori e distributori mondiali sono tutte del tipo "indossare guanti pesanti in gomma"<sup>15</sup> o "indossare guanti chimicamente compatibili".

In alternativa alle schede di sicurezza, informazioni utili alla scelta dei materiali e sui tempi di permeazione possono essere ricavate per molte sostanze dai siti internet del National Institute for Occupational Safety & Health (NIOSH, 1999) o dei produttori di guanti.

In ogni caso, i guanti per la protezione dagli agenti chimici pericolosi devono riportare, oltre al marchio CE con il numero dell'organismo di controllo, anche il pittogramma che attesti l'esecuzione del test di permeazione previsto dalla norma UNI EN 374-3 (UNI, 1994); in base a tale norma, per ogni agente chimico testato dal produttore, viene assegnato al guanto un indice di protezione da 1 a 6.



| Tempo di permeazione | Indice di protezione | Tempo di permeazione | Indice di protezione |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| > 10 minuti          | classe 1             | > 120 minuti         | classe 4             |
| > 30 minuti          | classe 2             | > 240 minuti         | classe 5             |
| > 60 minuti          | classe 3             | > 480 minuti         | classe 6             |

Figura 1: Pittogramma previsto dalla norma UNI EN 374-3 e tabella degli indici di protezione.

Non è consigliabile però prendere troppo alla lettera le informazioni fornite dai produttori, in quanto recenti studi hanno messo in evidenza che i test previsti dalla norma EN 374-3 hanno una scarsa riproducibilità (25-50%) e ripetibilità (5-30%) e vengono effettuati in condizioni che, per certi aspetti, mal riproducono i reali ambienti di lavoro (OPPL, 2001). Nella scelta dei guanti, oltre al tempo di permeazione, hanno rilevanza anche i seguenti fattori:

- resistenza meccanica (all'abrasione, al taglio, alla perforazione, ecc.): in molti casi, le caratteristiche di resistenza fisica hanno maggior peso di quelle di resistenza chimica (in quanto se il guanto è perforato in qualche punto, il tempo di permeazione non è più applicabile). I guanti per cui siano state verificate le caratteristiche di resistenza meccanica, riportano anche i pittogrammi e le indicazioni relativi alla norma UNI EN 420 (UNI, 1996);
- requisiti di manualità dell'operatore: per certe lavorazioni di precisione, l'utilizzo di guanti troppo spessi rende difficoltosa l'esecuzione del lavoro;

<sup>15</sup> I tempi di permeazione della gomma ai succitati agenti ne sconsigliano l'uso in quasi tutti i casi.

- colore: se l'inquinante ha un colore particolare, il guanto di un adatto colore di contrasto lo mette immediatamente in evidenza;

- protezione termica richiesta: nel caso si debbano maneggiare pezzi a temperature molto diverse da quella ambiente.

Per ottenere una efficace protezione, non bisogna inoltre trascurare le corrette procedure di utilizzazione di tali dispositivi.

Prima dell'utilizzo, è sempre bene effettuare un controllo visivo del guanto, per verificare l'assenza di fori, tagli o parti che si differenziano come intensità di colorazione<sup>16</sup>.

E' inoltre necessario porre particolare cura per evitare la contaminazione secondaria quando si tolgono i guanti: finito il lavoro è consigliabile lavarsi le mani con i guanti ancora infilati utilizzando acqua e un detergente.

Per quello che riguarda la riutilizzazione dei guanti, bisogna tener conto che, anche se la superficie venisse decontaminata dopo ogni utilizzazione, parte dell'inquinante potrebbe trovarsi all'interno del guanto nella fase di migrazione. Inoltre le operazioni di decontaminazione potrebbero inficiare le proprietà chimico fisiche del guanto. Benché non vi siano indicazioni universalmente valide, due criteri di massima potrebbero essere:

- non riutilizzare se l'agente è molto tossico;

- riutilizzare solo se il guanto ha una elevato tempo di permeazione per l'agente chimico considerato (JESTER, 1991).

Per verificare la corretta scelta del guanto e la sua utilizzazione ottimale, assume grande importanza il già citato controllo della eventuale presenza di inquinanti all'interno del guanto.

6.3.2 *Dispositivi di Protezione Individuale per il resto del corpo* — Per quanto riguarda i dispositivi di protezione individuale per le altre parti del corpo (generalmente grembiuli e gambali) valgono, in linea di massima, tutte le considerazioni fatte per i guanti, tenendo però a mente che l'importanza relativa di alcuni requisiti può variare sensibilmente<sup>17</sup> e che per tali DPI la scelta dei materiali risulta più limitata.

## 7 Conclusioni.

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti risulta chiaro che, se da un lato non si può trascurare l'esposizione cutanea agli agenti chimici, dall'altro quantificare e contenere questa esposizione è un compito tutt'altro che semplice. In quest'ambito, assume primaria importanza il ruolo che deve svolgere l'igienista industriale, sia nel porre in essere, anche in mancanza di riferimenti normativi, una adeguata prevenzione, che nel fornire, in seguito a studi e sperimentazioni, quel substrato di conoscenze scientifiche necessario all'emanazione di disposizioni legislative mirate alla protezione dei lavoratori da questo tipo di

<sup>16</sup> Tale evenienza testimonia una non uniformità nello spessore del guanto, che potrebbe quindi essere troppo sottile in alcuni punti.

<sup>17</sup> Ad esempio non saranno significativi per tali dispositivi i requisiti sulla manualità, mentre assumono più importanza le caratteristiche di resistenza meccanica.

esposizione. La rilevanza di tale ruolo diviene ancora maggiore considerando che il problema dell'esposizione cutanea, se non ci si limita agli agenti chimici espressamente citati nell'elenco della Direttiva Europea, risulta praticamente ubiquitario, nei grossi stabilimenti industriali come nelle piccole realtà produttive.

Per queste ultime, un corretto approccio alle problematiche inerenti l'esposizione cutanea potrebbe risultare troppo oneroso e nell'attuale realtà lavorativa è realistico prevedere che, a breve, i migliori risultati in termini di prevenzione possano derivare da una campagna di sensibilizzazione indirizzata ai Datori di Lavoro per un impiego corretto di Dispositivi di Protezione Individuale idonei. Parallelamente, sarebbe di grande aiuto una maggiore attenzione, da parte dei produttori di agenti chimici, nella compilazione delle schede di sicurezza, al fine di fornire indicazioni più puntuali sui materiali da utilizzare per evitare l'esposizione cutanea.

Va ricordato, infine, che la Comunità Europea, per studiare le problematiche inerenti all'esposizione cutanea, ha istituito, all'inizio del 2000, un progetto denominato RISKOFDERM: a tale progetto, che dovrebbe concludere i suoi lavori entro il 2004, partecipano 15 esperti del settore in rappresentanza di 10 paesi europei. La finalità principale del RISKOFDERM è quella di definire un modello che consenta di prevedere l'esposizione cutanea prendendo in considerazione le principali variabili coinvolte, allo scopo di fornire alle piccole e medie imprese criteri generali, ma scientificamente validi, per effettuare, con tempi e costi contenuti, una corretta valutazione e gestione del rischio.

## RIASSUNTO

La Direttiva Europea 2000/39/CE introduce, per circa una sessantina di sostanze, dei valori limite indicativi di esposizione professionale. Tali valori limite, espressi come concentrazione in aria, consentono al Datore di Lavoro una valutazione e una gestione del rischio da agenti chimici pericolosi basata su criteri oggettivi. Purtroppo tali criteri sono applicabili solo all'esposizione per via inalatoria e la possibilità di esposizione per via cutanea, che risulta predominante per alcuni agenti chimici, viene considerata solo marginalmente. Nel lavoro viene messa in evidenza l'importanza di questa via di assorbimento per alcune sostanze nocive e vengono fornite indicazioni sulle problematiche inerenti la valutazione e la gestione di questo tipo di rischio.

## SUMMARY

Commission Directive 2000/39/EC introduces, for about sixty compounds, a list of indicative occupational exposure limit values. These limit values, expressed as maximum permissible air concentration, allow the Employer a risk assessment and management based on objective principles. Unfortunately, these principles regard only exposition by inhalation route, while dermal route, predominant for some compounds, is almost unconsidered. These work points out the importance of this route for some harmful substances, and gives some indications on problems arising during assessment and management of this kind of risk.

## BIBLIOGRAFIA

### *Fonti normative*

**DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA N. 336 DEL 19 MARZO 1956**, pubblicato su G.U. n. 105 del 30 aprile 1956.

**DECRETO LEGISLATIVO N. 277 DEL 15 AGOSTO 1991**, pubblicato su G.U. n. 200 del 27 agosto 1991.

**DECRETO LEGISLATIVO N. 336 DEL 13 APRILE 1994**, pubblicato su G.U. n. 131 del 7 giugno 1994.

**DECRETO LEGISLATIVO N. 626 DEL 19 SETTEMBRE 1994**, pubblicato su G.U. n. 265 del 12 novembre 1994.

**DECRETO LEGISLATIVO N. 25 DEL 2 FEBBRAIO 2002**, pubblicato su G.U. n. 57 del 8 marzo 2002.

**DIRETTIVA 2000/39/CE DELL'8 GIUGNO 2000**, pubblicata su *GUCE* 2a serie speciale n. 63 del 17 agosto 2000.

**UNI EN 374-3:1994 - 30 NOVEMBRE 1994**: GUANTI DI PROTEZIONE CONTRO PRODOTTI CHIMICI E MICROORGANISMI. DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PERMEAZIONE DEI PRODOTTI CHIMICI.

**UNI EN 420:1996 - 29 FEBBRAIO 1996**: REQUISITI GENERALI PER GUANTI.

### *Fonti pubblicistiche*

**BROUWER D., HUIJBERS R., MARQUART H., VAN HEMMEN J.**: TRANSFER OF CONTAMINANTS FROM SURFACES TO HANDS: PRESSURE AS DETERMINANT FOR SKIN ADHERENCE OF A STICKY CONTAMINANT DURING REPEATED HAND-PRESS CONTACTS, *Atti Convegno AIHCE (American Industrial Hygiene Conference & Exposition)*, paper 64, 2001.

**ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)**: DERMAL EXPOSURE ASSESSMENT, PRINCIPLE AND APPLICATIONS, *Interim Report, EPA/600/8-91/011B*, 1992.

**FRENSKE R.A., VAN HEMMEN J.J.**: OCCUPATIONAL SKIN EXPOSURE TO CHEMICAL SUBSTANCES: SETTING LIMITS, *ANN. OCCUP. HYG.*, 1994, (38), pp. 333-336.

**JESTER R.C.**: CHEMICAL GLOVE SELECTION, <http://www.cdc.gov/niosh/nasd/docs2/de00100.html>, 1991.

**KEZIC S., SANJA A.**: DERMAL ABSORPTION OF VAPOURS AND LIQUID 2-METHOXYETHANOL AND 2-ETHOXYETHANOL IN VOLUNTEERS *OCCUP. ENVIRON. MED.*, 1997, (54), pp. 38-43.

**LARESE F., FIORITO A., ADAMI G., BUSSANI R.**: SKIN ABSORPTION IN VITRO OF GLYCOL ETHERS, *Atti convegno AIHCE (American Industrial Hygiene Conference & Exposition)*, paper 276, 1999.

**LEUNG H. W., PAUSTENBACH D.J.**: TECHNIQUES FOR ESTIMATING THE PERCUTANEOUS ABSORPTION OF CHEMICALS DUE TO OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL EXPOSURE, *APPL. OCCUP. ENVIRON.*, 1994, (9), pp. 187-197.

MARCHESINI B.: IGIENE INDUSTRIALE, Maggioli Editore, 1998, pp. 202-203.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH (NIOSH): RECOMMENDATIONS FOR CHEMICAL PROTECTIVE CLOTHING., <http://www.cdc.gov/niosh/ncpc/ncpc1.html>, 1999.

NESS S.A.: SURFACE AND DERMAL MONITORING FOR TOXIC EXPOSURE, Van Nostrand Reinhold Eds., New York, 1994, pp. 321-322.

OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION (OSHA): PLACEMENT AND HANDLING OF DERMAL DOSIMETRY, <http://www.osha-slc.gov/SLTC/dermalexposure/placement.html>, 1996.

- -: COMPARISON BETWEEN DIRECT AND INDIRECT METHODS, <http://www.osha-slc.gov/SLTC/dermalexposure/comparison.html>, 1996.

- -: SAMPLING FOR SURFACE CONTAMINATION, OSHA Technical Manual, Section II - Chapter 2, 1998.

OPPL R.: CHEMICAL PROTECTIVE GLOVES, Atti Convegno AIHCE (American Industrial Hygiene Conference & Exposition), paper 196, 2001.

PACKHAM C.: A PRATICAL APPROACH TO RISK ASSESSMENT FOR DERMAL HAZARD, Atti Convegno AIHCE (American Industrial Hygiene Conference & Exposition), paper 66, 2001.

POPENDORF W.J., LEFFINGWELL J.D.: REGULATION OF PESTICIDE RESIDUE FOR FARMWORKER PORTECTION, Residue Reviews, 1982, pp. 125-201.