

## Considerazioni sulla nocività ambientale nella lavorazione del travertino senese

A. BALDACCONI, G. CASCIANI e U. VERDEL

*Consulenza Tecnica Accertamento Rischi Professionali, INAIL, Roma*

Il presente lavoro ha lo scopo di individuare quantitativamente le condizioni di nocività e gli elementi di disagio nell'ambito dei 7 principali laboratori per la lavorazione del travertino senese [1] di Serre di Rapolano. Tale argomento risulta abbastanza trascurato, non avendo stimolato alcun lavoro specifico ed esistendo un solo studio igienistico recente su laboratori dell'industria marmifera italiana [2].

Esaminate le tecnologie, le macchine, gli ambienti di lavoro e rilevato che il solo materiale lavorato è costituito dal travertino, sentite le istanze dei lavoratori, si è determinato di interessare ai nostri accertamenti i fattori microclimatici, le polveri aerodisperse ed il rumore industriale.

Le rilevazioni microclimatiche sono state eseguite durante la stagione invernale, dopo aver accertato che è proprio in tale periodo che il disagio si fa sentire, a causa della strutturazione degli opifici esaminati, che prevedono numerosi scambi termici con l'esterno e dunque una stretta dipendenza dei fattori microclimatici dallo stato del clima.

Correlativamente alle misure strumentali delle temperature e della velocità relativa dell'aria, sono stati interrogati gli operai sulla sensazione termica provata riportandone le risposte sulla scala psicofisica TSS modificata ASHRAE [3]. Tale rilevazione è stata particolarmente interessante in quanto, per le peculiarità degli ambienti di lavoro, la gran parte degli opifici può contare su gruppi numerosi di maestranze termicamente omogenei e quindi le risposte ottenute devono stimarsi avvalorate da un numero di interpellati abbastanza alto [4].

Nella Tab. 1 abbiamo riportato i dati rilevati, nonché le risposte soggettive degli operai con a fianco il numero dei soggetti interpellati. Come si vede, le risposte soggettive risultano significative nel senso che, per temperature esterne variabili tra i 3° ed i 7 °C, esiste un certo disagio da freddo. A ciò si deve aggiungere che la quasi totalità dei lavoratori era vestita in

## Parametri microclimatici e risposte soggettive

	ta (°C)	tu (°C)	tg (°C)	V m/sec	Ur %	N. operai	Risposta soggettiva
<i>Impianto A:</i>							
- carropontista . . . . .	7,2	5,9	7,5	0,2	84	2	- 1,0
- frese a ponte e tagliablocchi . . . . .	7,2	6,5	7,7	0,1	90	9	- 0,4
- levigatura-stuccatura . . . . .	6,6	5,0	7,6	0,2	79	14	- 0,3
- frullatura-scalpellatura . . . . .	6,4	4,7	8,0	0,1	78	8	- 0,2
- frese piccole e levigatura . . . . .	6,6	5,1	7,9	0,2	80	13	- 0,6
<i>Impianto B:</i>							
- segheria . . . . .	7,4	5,0	7,7	0,2	70	5	- 0,5
- laboratorio nuovo . . . . .	8,5	5,0	9,1	0,1	58	10	- 0,2
- laboratorio vecchio . . . . .	7,2	4,7	8,2	0,1	69	9	- 0,4
<i>Impianto C:</i>							
- centro ambiente . . . . .	7,3	5,5	8,0	0,1	77	20	- 0,4
<i>Impianto D:</i>							
- centro ambiente . . . . .	5,8	4,2	7,7	0,1	78	17	- 0,6
<i>Impianto E:</i>							
- centro ambiente . . . . .	5,6	4,3	6,9	0,2	82	12	- 0,7

Nota - Le misure sono state effettuate con temperature esterne variabili tra i 3 e i 7 °C.

modo accuratamente pesante, tale da far stimare la resistenza termica degli indumenti al valore di 1,5 clo. Quanto alla attività svolta, si può dire che, a parte qualche eccezione, essa è particolarmente pesante, consistendo nello spostamento di lastre o nella manovra manuale di leve o nel sostegno di utensili onerosi: il dispendio calorico medio si può valutare in 120 ÷ 150 Kcal/h.m<sup>2</sup>. Si tratta, sia per i valori clo che per quelli di dispendio energetico, di valori massimi non modificabili. Occorre, perciò, intervenire sull'ambiente per eliminare, o perlomeno limitare, il disagio termico negativo.

Poiché però tale situazione è spesso frutto di una esigenza tecnologica difficilmente superabile, occorrerà agire sul parametro microclimatico principalmente efficace, calore radiante, mediante l'adozione di un riscaldamento a raggi infrarossi.

Per l'indagine sulle polveri aerodisperse si sono utilizzati campionatori statici con filtri in acetato di cellulosa ( $\varnothing$  pori = 0,8  $\mu$ m) e preselettori (ciclone tipo Lippmann da 1/2") atti al prelevamento della sola frazione inalabile delle polveri. Si è inoltre determinata la concentrazione numerica delle particelle inalabili mediante conteggio al microscopio, in campo chiaro a 500 x, della polvere raccolta su filtri micropori ( $\varnothing$  pori = 0,8  $\mu$ m) con «pompa Zurlo-Zambelli». Le analisi ottiche hanno confermato che il quarzo non rappresenta una componente del particolato se non in misura assolutamente esigua e accidentale. Non si sono rilevate ulteriori specie mineralogiche al di fuori della calcite. Si tratta dunque di polveri calcaree, ritenute « inerti » [5], che tuttavia sarebbero suscettibili di provocare, in determinati casi, pneumoconiosi croniche [6].

I risultati delle rilevazioni, riportati nelle Tab. 2 e 3, indicano una sostanziale differenza tra i primi due gruppi di operazioni citati e quelle di rifinitura a secco. I dati raccolti mostrano, tuttavia, discrete dispersioni nell'ambito dei valori minimo/massimo: tali dispersioni, a nostro avviso, non incidono sul giudizio globale in riferimento alle operazioni di taglio, comunque

TABELLA 2

**Concentrazioni ponderali (frazione respirabile)***Inquinamento da particolato aerodisperso*

	$\bar{C}$ (mg/m <sup>3</sup> )	$C_{\min} - C_{\max}$ (mg/m <sup>3</sup> )	$\sigma$	N. misure
Macchine tagliatrici . . . . .	1,20	0,70 ÷ 1,60	0,37	10
Levigatrici e stuccatrici . . . . .	1,70	0,50 ÷ 2,70	0,81	13
Operazioni di rifinitura a secco . . .	2,60	1,40 ÷ 4,30	0,65	7

TABELLA 3

**Concentrazioni numeriche**

	$\bar{C}$ (pp/cc)	$C_{\min} \div C_{\max}$ (pp/cc)	$\sigma$	N. misure
Macchine tagliatrici . . . . .	350	180 ÷ 760	196	24
Levigatrici e stuccatrici . . . . .	460	120 ÷ 760	225	26
Operazione di rifinitura a secco . . .	1.640	1.330 ÷ 2.000	249	16

## Considerazioni sulla nocività ambientale nella lavorazione del travertino senese

A. BALDACCONI, G. CASCIANI e U. VERDEL

*Consulenza Tecnica Accertamento Rischi Professionali, INAIL, Roma*

Il presente lavoro ha lo scopo di individuare quantitativamente le condizioni di nocività e gli elementi di disagio nell'ambito dei 7 principali laboratori per la lavorazione del travertino senese [1] di Serre di Rapolano. Tale argomento risulta abbastanza trascurato, non avendo stimolato alcun lavoro specifico ed esistendo un solo studio igienistico recente su laboratori dell'industria marmifera italiana [2].

Esaminate le tecnologie, le macchine, gli ambienti di lavoro e rilevato che il solo materiale lavorato è costituito dal travertino, sentite le istanze dei lavoratori, si è determinato di interessare ai nostri accertamenti i fattori microclimatici, le polveri aerodisperse ed il rumore industriale.

Le rilevazioni microclimatiche sono state eseguite durante la stagione invernale, dopo aver accertato che è proprio in tale periodo che il disagio si fa sentire, a causa della strutturazione degli opifici esaminati, che prevedono numerosi scambi termici con l'esterno e dunque una stretta dipendenza dei fattori microclimatici dallo stato del clima.

Correlativamente alle misure strumentali delle temperature e della velocità relativa dell'aria, sono stati interrogati gli operai sulla sensazione termica provata riportandone le risposte sulla scala psicofisica TSS modificata ASHRAE [3]. Tale rilevazione è stata particolarmente interessante in quanto, per le peculiarità degli ambienti di lavoro, la gran parte degli opifici può contare su gruppi numerosi di maestranze termicamente omogenei e quindi le risposte ottenute devono stimarsi avvalorate da un numero di interpellati abbastanza alto [4].

Nella Tab. I abbiamo riportato i dati rilevati, nonché le risposte soggettive degli operai con a fianco il numero dei soggetti interpellati. Come si vede, le risposte soggettive risultano significative nel senso che, per temperature esterne variabili tra i 3° ed i 7 °C, esiste un certo disagio da freddo. A ciò si deve aggiungere che la quasi totalità dei lavoratori era vestita in

eseguite, ed a quelle di levigatura e rifinitura con macchine automatiche e semiautomatiche. Queste infatti presentano tassi di polvere inalabili aerodisperse del tutto tranquillizzanti. Nel caso invece di lavorazioni eseguite a secco, come la scalpellatura e la frullatura dei bordi, le polverosità ambientali risultano assai superiori, oltre i limiti ammessi, per concentrazioni numeriche, appena al disotto, per concentrazioni gravimetriche, ma con deviazioni standard che ne presuppongono tuttavia il raggiungimento.

Peraltro l'opera di prevenzione non si presenta difficile ed è stata realizzata presso analoghi impianti del settore. L'utensile del frullino può essere incapsulato entro una idonea cuffia aspirante ed, inoltre, il pezzo in lavorazione può essere utilmente poggato sopra un banco di lavoro grigliato munito di conveniente aspirazione dal basso. Nel comprensorio di Serre una sola ditta sta ponendo in atto il tentativo di dotare i frullini di una cuffia aspirante: il risultato sembra già apprezzabile. Per quanto attiene invece all'installazione di banchi di lavoro muniti di aspirazione, nostre esperienze ci hanno consentito di constatare che la riduzione dell'inquinamento è soddisfacente, avendo misurato contrazioni superiori al 50 % del particolato, con punte fino all'80 %.

In relazione all'emissione del rumore la tecnica di taglio del travertino in blocchi è caratterizzata da tre regimi: *a*) due fasi a regime transitorio in corrispondenza all'entrata e all'uscita dell'utensile (sia esso circolare o rettilineo, diamantato o non) nel e dal blocco di lavorazione; *b*) una fase a regime stazionario relativa all'utensile in completa penetrazione nel blocco medesimo; *c*) una fase di ritorno a vuoto, a regime transitorio, caratterizzata dalla rumorosità propria della macchina utensile. L'emissione del rumore durante la segazione del travertino, sia nella fase di lavoro sia nella fase di ritorno a vuoto, è dovuta primariamente alle vibrazioni torso-flessionali dell'utensile.

Per quanto riguarda le macchine utilizzate nelle operazioni di levigatura, smussatura, ecc., si deve puntualizzare che l'analisi del moto evidenzia ancora i tre regimi di cui sopra, con la differenza che in questi casi non si può parlare di penetrazione dell'utensile bensì di asportazione del materiale in lavorazione con passate successive.

Il materiale viene lavorato in pezzature che possono essere definite di « blocchi », « grosse lastre » e « lastre ».

Per la valutazione dell'inquinamento da rumore sono stati utilizzati un « fonometro » (mod. 2209 B & K) ed un registratore grafico (mod. 2203 B & K). La metodologia di indagine segue le tabelle ISO 1999 e UNI sperimentale 7681/77 [7]. Si è concordato con i lavoratori un tempo di esposizione pari a 7 ore per turno lavorativo.

I risultati delle misure sono rappresentati in Tab. 4. Non sono stati rilevati rumori di tipo impulsivo.

TABELLA 4

## Misure di rumorosità

	Rumore di fondo dB (A)	Livello equivalente dB (A)	Pezzatura del materiale
<i>Macchine per operazioni di segazione:</i>			
Telai multilame . . . . .	85	98	Blocchi
Segablocchi angolari . . . . .	85	96 ÷ 100	Blocchi
Frese bilame . . . . .	84	93 ÷ 97	Blocchi
Frese a ponte . . . . .	84	92 ÷ 95	Grosse lastre
Frese a disco . . . . .	86	94 ÷ 94	Lastre
Frese speciali . . . . .	84	93	Lastre
<i>Macchine per altre operazioni:</i>			
Stuccatrici . . . . .	83	88 ÷ 91	Lastre
Smussatrici . . . . .	84	90	Lastre
Intestatrici . . . . .	83	87 ÷ 90	Lastre
Levigatrici a mano . . . . .	82	84	Lastre
Levigatrici automatiche . . . . .	82	86	Lastre
Levigalastre . . . . .	82	86	Lastre

L'esame dei risultati pone in evidenza una situazione di lavoro poco soddisfacente per la maggior parte degli addetti. Ciò dipende primariamente dal fatto che le aziende indagate non hanno ristrutturato completamente il parco macchine e, pur introducendo utensili diamantati, hanno posto scarsa attenzione alle condizioni di lavoro relativamente alla rumorosità ambientale.

## BIBLIOGRAFIA

1. CIPRIANI, N., ERCOLI, A., MALESANI, P. & VANNUCCI, S. 1972. I travertini di Rapolano Terme (Siena). *Mem. Soc. Geol.*, *It.* 11: 31-46.
2. CAMICI, G., CASTAGNA, P., LEVA, G., MESSINA, S., POLETTI, G.F. & VERGAZZOLI, P.C. 1978. Rischi igienico-ambientali in un laboratorio per la lavorazione di marmi. *Ann. Ist. Super. Sanità*, 14: 547-552.
3. GRIFFITH, J.D. & BOYCE, P.R. 1971. Performance and thermal confort. *Ergonomics*, 4: 457-459.
4. CASCIANI, G. & RIPANUCCI, G. 1980. La valutazione del benessere termico nell'ambiente di lavoro: possibilità oggettivazione analitica della risposta media dei lavoratori. *Giorn. Ig. Ind.* (in corso di stampa).
5. COMITATO TECNICO ENPI. 1979. I valori limite di esposizione a gas, vapori, nebbie, fumi, polveri negli ambienti di lavoro, *Boll. Soc. It. Med. Lav. Ig. Ind.* 12: (3-4): 1-8.
6. SEDOV, K.R., SCERBICKAJA, Z.S. & FEDOROVA, V.I. 1973. Pneumoconiosi sperimentale da polveri di marmo, *Gig. Sanit.* 12: 41-44 (in russo).

# Inquinamento da polveri e rumore nell'industria dei materiali refrattari

T. VALENTE, L. PANE, D. CHIAPPERINI e R. SIRI

*Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università di Genova*

## INTRODUZIONE

Nell'arco di sei anni, dal settembre 1973 all'ottobre 1979, sono state eseguite rilevazioni di polverosità e rumorosità con periodicità trimestrale, in una fabbrica di materiali refrattari.

Nello stabilimento vengono prodotti manufatti per l'industria siderurgica e per le vetrerie, in particolare mattoni, scaricatori a cassetto, pezzi speciali, cementi, ecc. Le materie prime vengono dapprima macinate e vagliate, in seguito miscelate con altri prodotti e quindi passano alla formatura, alla cottura ed infine vengono rettificate prima di essere imballate per la spedizione.

## METODOLOGIA DI PRELIEVO E ANALISI

La polverosità totale è stata determinata per via ponderale eseguendo campionamenti personali su membrane filtranti. Su una parte di queste è stata effettuata anche l'analisi diffrattometrica per la determinazione del quarzo. La polverosità respirabile è stata determinata utilizzando una pompa a clessidra di Zurlo e l'analisi del contenuto dei filtri è stata effettuata per via microscopica.

Per la rilevazione della rumorosità si sono utilizzati fonometri Bruel & Kjaer mod. 2203 e 2218 e dosimetro personale mod. 4424.

## RISULTATI

Esigenze di spazio non consentono di riportare tutti i risultati ottenuti.

Nella Fig. 1 è rappresentato l'andamento della polverosità respirabile e della percentuale di  $\text{SiO}_2$  nel tempo in tre posizioni significative, mentre nella Fig. 2 è riportato quello della rumorosità. In alcuni casi sono stati riportati i valori medi di più prelievi eseguiti in differenti condizioni operative.

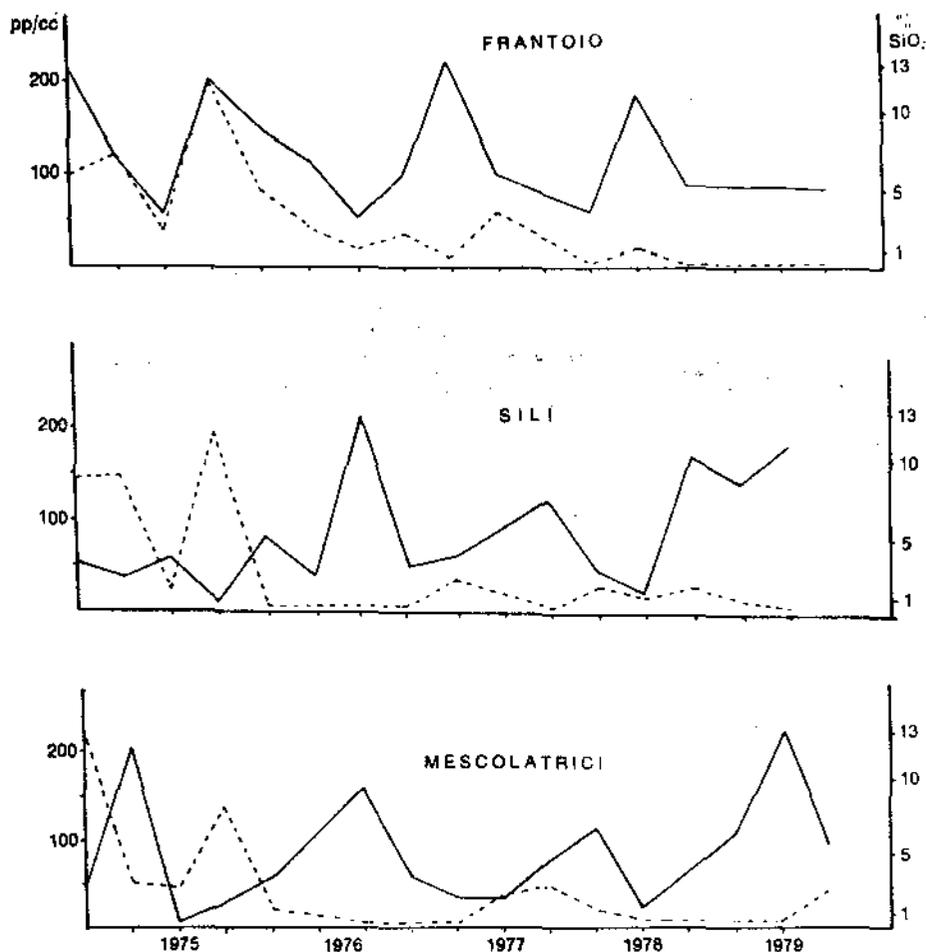


Fig. 1. — Andamento della polverosità respirabile nel tempo, in tre reparti dello stabilimento (Polverosità: —; Percentuale SiO<sub>2</sub>: .....).

Come si può notare si assiste ad un deciso decremento della percentuale di SiO<sub>2</sub> col passare degli anni, in quanto l'evoluzione nella formulazione dei prodotti ha limitato nel tempo l'impiego di materiali ad alto contenuto di silice. La polverosità è risultata praticamente costante anche se con diverse fluttuazioni di concentrazione.

I livelli di pressione sonora registrati nel corso delle rilevazioni, hanno evidenziato un sensibile aumento della rumorosità in numerose posizioni di lavoro per l'installazione di nuove macchine fra cui una seconda linea di macinazione ed un impianto di aspirazione della polvere.

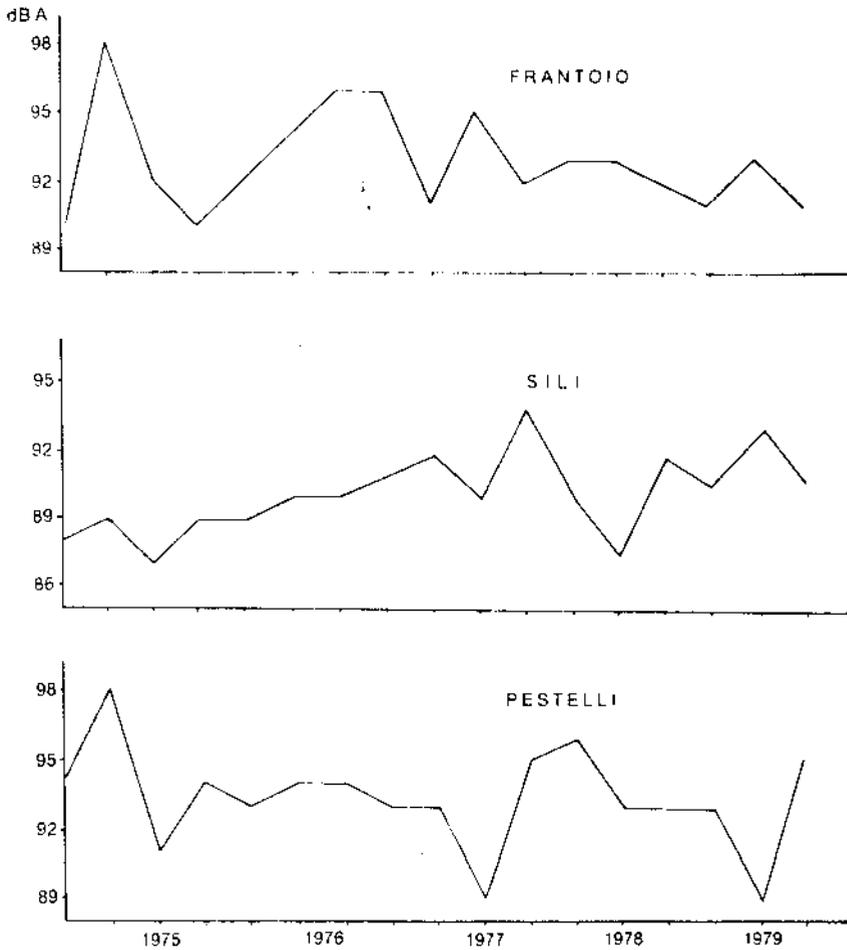


Fig. 2. — Andamento della rumorosità nel tempo, in tre reparti dello stabilimento.

### CONCLUSIONI

Il gruppo di rilevazioni eseguite rappresenta una prima applicazione del registro dei dati ambientali dello Stabilimento. Si può riscontrare una riduzione del rischio silicotigeno degli operai addetti, anche se sarebbe auspicabile un decremento della polverosità in concomitanza con alcune lavorazioni.

Contemporaneamente si è evidenziato un incremento del rischio di ipoacusia professionale, cui si sta ponendo rimedio con interventi di isolamento acustico.

# **Inquinamento da polveri sedimentabili nella città di Cagliari.**

## **Risultati preliminari di una indagine annuale**

D. CASULA, G. SPIGA, P. CHERCHI, G. CAPPAL, V. GARAU e M. TOCCO

*con la collaborazione tecnica di:*

A. CAMBA, C. FAIS, F. MAXIA, L. MOCCI, A. MURA e C. VEGLIO

*Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università di Cagliari*

### **MATERIALI E METODI**

Il campionamento è stato effettuato con scadenza bimestrale in sedici punti urbani ed in tre paesi limitrofi. I deposimetri sono stati sistemati su terrazzi o tetti ad altezza non inferiore ad otto metri dal suolo, distinguendo i punti di prelievo a seconda della densità del traffico.

I materiali sedimentabili totali sono stati determinati per pesata dopo aver portato il campione a 120 °C. Sono state determinate anche le sostanze solubili in solventi organici tramite estrazione in soxlet con una miscela di benzene e di solfuro di carbonio. Infine i metalli tossici Pb, Cu, Ni, Cr, Hg e Cd, sono stati determinati con un Assorbimento Atomico, modello I.L. 3-51.

I risultati sono stati espressi come precipitazioni di metallo in T/km<sup>2</sup>/mese e sono presentati nella Tab. 1.

### **RISULTATI**

#### *Materiali sedimentabili totali*

I valori di precipitazione dei materiali sedimentabili totali sono risultati compresi nel corso dell'anno tra 43,4 e 1,4 T/km<sup>2</sup>/mese. Il valore massimo è stato rilevato in una postazione situata in una zona di medio traffico, ma in prossimità di un grosso deposito di cemento. Questo dato si riferisce al bimestre Marzo-Aprile, durante il quale sono stati registrati i massimi valori bimestrali di precipitazione dei materiali sedimentabili totali in 18 delle 19 postazioni di prelievo. Ciò è sicuramente imputabile al fatto che durante questo bimestre è stato registrato il massimo di piovosità annuale. Il valore minimo è stato rilevato in una zona residenziale di medio traffico durante il bimestre Maggio-Giugno.

TABELLA I

## Valori medi quadrimestrali delle precipitazioni di sostanze inquinanti sulla città di Cagliari e paesi limitrofi

	1° Quadrimestre					2° Quadrimestre					3° Quadrimestre					
	Alto traffico	Medio traffico	Basso traffico	Paesi limitrofi	Alto traffico	Medio traffico	Basso traffico	Paesi limitrofi	Alto traffico	Medio traffico	Basso traffico	Paesi limitrofi	Alto traffico	Medio traffico	Basso traffico	Paesi limitrofi
<b>Materiali sedimentabili totali</b> (T/km <sup>2</sup> /mese) . . . . .	22,50	14,80	11,20	20,40	12,70	7,00	5,10	10,70	18,60	9,80	9,90	10,80				
<b>Sostanze solubili in solventi org.</b> (T/km <sup>2</sup> /mese) . . . . .	0,10	0,21	0,12	0,11	0,25	0,28	0,22	0,24	0,23	0,17	0,13	0,13				
<b>Pb</b> (T/km <sup>2</sup> /mese 10 <sup>-3</sup> ) . . . . .	18,90	11,30	6,90	8,10	0,80	1,20	1,60	1,00	1,50	1,00	1,20	1,10				
<b>Cu</b> (T/km <sup>2</sup> /mese 10 <sup>-3</sup> ) . . . . .	0,99	0,69	0,47	0,50	0,40	0,37	0,53	0,36	0,94	0,77	0,67	0,33				
<b>Ni</b> (T/km <sup>2</sup> /mese 10 <sup>-3</sup> ) . . . . .	0,91	0,93	0,60	0,49	0,27	0,50	0,39	0,30	0,31	0,35	0,22	0,26				
<b>Cr</b> (T/km <sup>2</sup> /mese 10 <sup>-6</sup> ) . . . . .	3,30	250	200	300	180	160	160	190	440	370	260	220				
<b>Hg</b> (T/km <sup>2</sup> /mese 10 <sup>-6</sup> ) . . . . .	61	52	98	11	41	37	17	30	2	2	2	4				
<b>Cd</b> (T/km <sup>2</sup> /mese 10 <sup>-6</sup> ) . . . . .	180	100	90	70	30	50	50	10	50	50	50	40				

Nella prima riga della Tab. 1 è riportato l'andamento delle medie quadrimestrali per le diverse zone studiate.

Si può osservare come, nell'ambiente urbano, le zone di alto traffico sono caratterizzate, rispetto alle altre, da precipitazioni nettamente più elevate con un massimo nel 1° quadrimestre, pari a 22,5 T/km<sup>2</sup>/mese che cala a 12,7 nel secondo, per risalire al valore di 18,6 nel terzo. Meno marcate appaiono le differenze tra le zone di medio e basso traffico con valori rispettivamente pari a 14,8 ed 11,2 T/km<sup>2</sup>/mese nel 1° quadrimestre; pari a 7,0 e 5,1 nel secondo ed a 9,8 e 9,9 nel terzo.

Nei paesi limitrofi durante i primi due quadrimestri, i valori rilevati, rispettivamente di 20,4 e 10,7 T/km<sup>2</sup>/mese, risultano compresi tra quelli delle zone urbane di alto e medio traffico, mentre nel terzo il valore di 10,8 T/km<sup>2</sup>/mese non si discosta di molto da quelli osservati per le zone di medio e basso traffico.

#### *Sostanze solubili in solventi organici*

Le precipitazioni di sostanze solubili in solventi organici sono risultate comprese tra 0,67 e 0,03 T/km<sup>2</sup>/mese.

Il valore massimo si riferisce al rilievo effettuato nel bimestre Gennaio-Febbraio in una zona residenziale a medio volume di traffico. Il valore minimo è stato registrato nello stesso bimestre nella zona degli ospedali, caratterizzata da un'alta densità di traffico.

Nella seconda riga della Tab. 1 è riportato l'andamento dei valori quadrimestrali nelle zone studiate. Si può osservare come i valori più elevati figurino nel secondo quadrimestre in concomitanza con i più bassi valori di precipitazione dei materiali sedimentabili totali. In particolare si può osservare come le medie del primo quadrimestre siano comprese tra 0,10 e 0,21 T/km<sup>2</sup>/mese, col valore massimo nelle zone di medio traffico.

Nel secondo quadrimestre i valori medi rilevati nelle zone urbane e nei paesi limitrofi non differiscono sensibilmente tra loro e sono compresi tra 0,22 e 0,28 T/km<sup>2</sup>/mese, invece nel terzo quadrimestre il valore massimo si riscontra per le zone ad alto traffico (0,23 T/km<sup>2</sup>/mese) mentre nelle altre le medie sono comprese tra 0,13 e 0,16 T/km<sup>2</sup>/mese.

Non è possibile discutere ulteriormente i dati rilevati in quanto essi non risultano correlabili in alcun modo con i parametri normalmente considerati quali: il periodo stagionale, l'andamento del traffico, le precipitazioni ed altri fenomeni meteorologici.

#### *Metalli tossici*

L'andamento dei valori medi quadrimestrali per le diverse zone studiate e per i singoli metalli ricercati è riportato nella Tab. 1.

## CONCLUSIONI

I risultati ottenuti nel presente studio dimostrano l'alto livello di precipitazioni di materiali sedimentabili totali sulla città di Cagliari, già messo in evidenza nel 1968 [1].

Mentre dai dati ottenuti è possibile intravedere una relazione tra l'entità delle precipitazioni di materiali sedimentabili totali e sia il periodo stagionale che le caratteristiche del traffico urbano, non è stato possibile, come già detto, individuare parametri che possano essere correlati con i valori ottenuti per le sostanze solubili in solventi organici.

Per ciò che riguarda i metalli tossici, i dati rilevati attribuiscono a questi ultimi un ruolo di componenti minoritari dei materiali sedimentabili totali. Solo per il piombo sono stati raggiunti livelli di precipitazione normalmente intorno o superiori al  $\text{kg}/\text{km}^2/\text{mese}$ . I valori bimestrali relativi alle precipitazioni dei singoli metalli, escluso il mercurio, sono risultati correlabili con i valori delle precipitazioni dei materiali sedimentabili totali relativamente all'ambiente urbano con alto e medio traffico. I coefficienti di correlazione sono risultati compresi tra 0,35 e 0,53 con valori di « p » sempre inferiori a 0,001.

Non possiamo in questa sede dare un giudizio definitivo sui dati raccolti relativamente ai metalli, a causa della mancanza di termini di confronto con dati rilevabili in altri ambienti urbani.

## BIBLIOGRAFIA

1. CHERCHI, P., SPICA, G. & FRAU, P. 1968. Ricerche preliminari sull'inquinamento da polveri nell'atmosfera della città di Cagliari. Nota 2ª: Comportamento delle polveri sedimentabili. *Folia Med.* LI: 1071.

SESSIONE V

ALTRI AGENTI ONCOGENI

**Possibilità offerte dallo studio degli scambi  
tra i cromatidi gemelli (SCE)  
per una valutazione del rischio oncogeno in ambiente di lavoro**

G. RAFFETTO (a), F. VALERIO (b), R. PUNTONI (b), P. FAGGIN (b) e A. ZUNINO (b)

(a) *Consorzio Antineoplastico Regione Liguria*

(b) *Istituto Scientifico per lo Studio e la Cura dei Tumori, Genova*

INTRODUZIONE

Nel 1978 i dati di una indagine epidemiologica condotta nel porto di Genova [1] evidenziavano nei lavoratori addetti alla riparazione navale un rischio particolarmente elevato di contrarre neoplasie all'apparato respiratorio, allo stomaco, all'apparato urinario. Al fine di individuare le possibili cause di queste neoplasie fu programmata una campagna di indagini ambientali, incentrata sullo studio della situazione nelle tanche di petroliere. I risultati analitici evidenziarono un forte incremento della concentrazione di benzopirene nell'aria, durante le fasi di taglio lamiera con fiamma ossiacetilenica (da 0,14 mg/1000 m<sup>3</sup> senza lavorazioni in atto, a  $8.2 \pm 7.2$  mg di benzopirene/1000 m<sup>3</sup>).

La presenza di questa sostanza cancerogena poteva spiegare l'eccesso di neoplasie nei lavoratori che operano più spesso nell'interno delle tanche. Purtroppo, a causa della complessa composizione dei fumi, abbiamo voluto verificare anche i possibili effetti biologici indotti dai fumi stessi.

METODI

La frazione dei fumi, raccolti su filtri di lana di vetro con campionatore ad alto volume, estratta con cicloesano tramite ultrasuoni, fu disciolta in olio d'oliva; così pure una sua ulteriore frazione ottenuta con cromatografia su strato sottile con lastre di gel di silice (eluente benzene-n. esano 1:1). In quest'ultimo caso fu separata la frazione corrispondente agli idrocarburi policiclici aromatici. In dosi opportune gli estratti, disciolti in olio d'oliva,

venivano iniettati in peritoneo in topi Balb C (in entrambi gli esperimenti furono usate due dosi scalari: 160 e 320 mg/kg) 24 ore prima del sacrificio. Dopo due ore una compressa di 50 mg di Bromo-ossiridina fu innestata in ogni animale. Due ore prima del sacrificio 0,5 mg/kg di Colecemid furono iniettati in peritoneo al fine di bloccare le cellule in metafase. Gli animali furono quindi sacrificati per decapitazione, venne prelevato il midollo osseo del femore e si procedette alla preparazione dei cromosomi secondo le metodologie standard [2]. I vetrini furono colorati con la metodica di Perry-Wolf [3]. Per ogni animale furono lette 20 metafasi.

### RISULTATI

La frequenza di SCE calcolata in questo lavoro è stata paragonata con quella ottenuta con IPA puri, di cui è noto l'effetto oncogeno, come il B(a)P e il dimetil benzoantracene (DMBA). Come è possibile verificare nella Fig. 1, sia gli idrocarburi puri che le miscele prelevate nelle tanche durante le operazioni di taglio sono in grado di indurre un significativo aumento di SCE anche alle dosi più basse.

Esiste inoltre un soddisfacente effetto dose-risposta. L'appiattimento della curva verificatasi per il B(a)P è presumibilmente dovuto alla interferenza di fenomeni tossici indotti da questa sostanza.

Un altro dato che è possibile desumere è che l'effetto mutageno non è attribuibile al solo B(a)P che normalmente è l'IPA più misurato; infatti il massimo incremento di SCE ottenuto con l'estratto dei fumi corrisponde ad una dose di circa 50 mg/kg di B(a)P e DMBA. In realtà negli estratti usati per l'esperimento, la quantità di benzopirene presente è risultata inferiore a questo valore (corrispondente ad una dose di circa 0,1 mg/kg). Un risultato simile è attribuibile sia ad un effetto sinergico delle varie sostanze presenti, sia all'effetto di altre sostanze mutagene eventualmente anche chimicamente diverse dagli IPA. La conferma di quest'ultima ipotesi è data dal fatto che testando la frazione più ricca di IPA, a parità di peso, l'effetto mutageno tende a diminuire.

### CONCLUSIONI

Il nostro studio ha confermato l'utilità di un approccio multidisciplinare per la valutazione del rischio oncogeno in ambienti di lavoro. È risultato necessario ed utile, in presenza di potenziali rischi oncogeni supportare il dato epidemiologico con opportune indagini chimiche. Con il presente lavoro si è inoltre evidenziato come di fronte a situazioni chimicamente complesse, possa essere utile ricorrere a test biologici a breve termine.

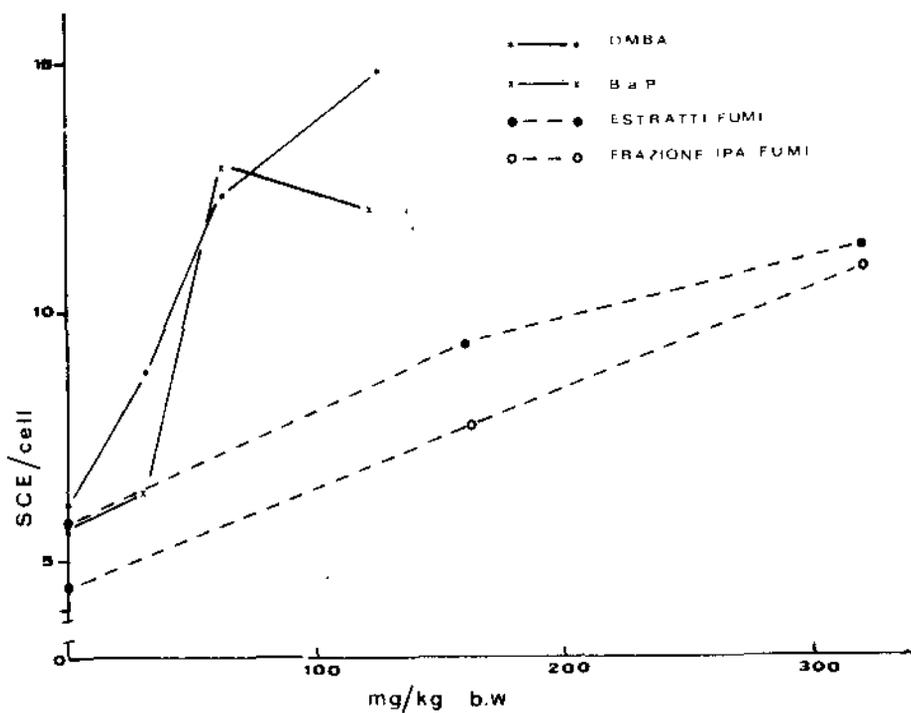


Fig. 1. - SCE indotti da diverse dosi di dimetil benzantracene (DMBA), benzo(a) pirene (BaP), frazione solubile in cicloesano (estratto fumi) e frazione a maggior contenuto di idrocarburi policiclici aromatici (frazione IPA fumi) estratti dai fumi raccolti nelle tanche di petroliere durante operazioni di taglio lamiera con fiamma ossiacetilenica.

#### BIBLIOGRAFIA

1. PUNTONI, R., VERCELLI, M., RUSSO, L., ZANNINI, D., MERLO, F., VALERIO, F. & SANTI, I. 1979. Mortalità fra i lavoratori del Porto di Genova. *Atti del XLII Congresso Nazionale della Società Italiana di Medicina del Lavoro ed igiene Industriale*. Trieste, 10-13 ott. 1979. Vol. 1° pp. 493-500. CLUET Trieste 1979.
2. RAFFETTO, G., BOLOGNESI, C., CESARONE, C.F., PARODI, S. & SANTI, I. 1978. Induzione di scambi cromatidici con cellule di topo: messe a punto e ripetitività con DGA e MNNG. *Boll. SIBS*. 54: 1398-1404.
3. PERRY, P., WOLFF, & S. 1974. New Giemsa method for the differential staining of sister chromatids. *Nature*. 251: 156-158.

## Aberrazioni cromosomiche in linfociti di soggetti cronicamente esposti per motivi professionali a cloruro di vinile monomero

G. BRANDI (a), A. BERGAMASCHI (a), N. BARBETTI (b), A. SERRA (b)  
e A. IANNACONE (a)

(a) *Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università Cattolica del S. Cuore, Roma*

(b) *Istituto di Genetica Umana dell'Università Cattolica del S. Cuore, Roma*

### INTRODUZIONE

Uno dei metodi classici per verificare in campo umano la proprietà mutagena di sostanze chimiche a livello somatico, consiste nell'analizzare la qualità e la quantità delle aberrazioni cromosomiche indotte nelle cellule dei tessuti esposti.

I dati finora raccolti da vari studi di questo tipo su lavoratori esposti a cloruro di vinile monomero (C.V.M.) non sono concordanti: molti AA. segnalano un incremento significativo di aberrazioni cromosomiche nei linfociti di sangue periferico [1-6], altri no [7].

Le cause di tale contrasto possono essere diverse. In particolare, è ovvio, da una parte, che molti sono i fattori capaci di interferire sull'effetto mutageno di una qualsiasi sostanza, e, dall'altra, che notevole è la variabilità delle condizioni ambientali in cui operano i soggetti esposti a tale sostanza. È necessario, quindi, per raggiungere conclusioni valide e definitive sull'esistenza e l'entità di un effetto mutageno, e soprattutto sul significato biologico e patologico di tale effetto, aumentare la casistica raccolta con rigore e uniformità di criteri.

Per tale motivo abbiamo intrapreso una ricerca sistematica clinica e citogenetica di cui si presentano qui alcuni risultati preliminari. Lo scopo di questa prima fase della ricerca era di verificare, con il metodo citogenetico classico:

- 1) se i linfociti periferici sono sensibili alla esposizione cronica a C.V.M. nelle condizioni in cui operano i lavoratori nelle nostre industrie;
- 2) se lo studio del danno del DNA con il sistema classico sia idoneo a monitorizzare eventuali effetti mutageni da C.V.M. nelle predette condizioni.

## MATERIALI E METODI

Si sono presi in considerazione due gruppi di soggetti. Il primo gruppo è costituito da 7 soggetti di sesso maschile, di età media di 48,5 anni (limiti da 43 a 58), giunti all'osservazione presso l'Istituto di Medicina del Lavoro e clinicamente riscontrati affetti da disturbi della funzionalità epatica e da fenomeni di Raynaud per microangiosclerosi, più o meno grave, delle dita delle mani. Essi avevano lavorato, per un periodo dai 9 ai 19 anni, in un impianto di polimerizzazione del C.V.M., spesso con diverse mansioni, come appare dalla Tab. 1. I primi 6 soggetti avevano continuato l'attività lavorativa fino al momento del nostro studio; l'ultimo (caso n. 7) aveva interrotto l'attività lavorativa specifica circa 4 anni prima per riscontrata tecnopatia da C.V.M.

TABELLA 1

## Caratteristiche del campione sperimentale

CASO	Età (anni)	Mansioni lavorative (durata in anni)	Periodo complessivo di esposizione (anni)
1 . . . .	43	Autoclavista . . . . . 8 Scrostino . . . . . 3	11
2 . . . .	46	Autoclavista . . . . . 16 Scrostino . . . . . 2	18
3 . . . .	58	Scrostino . . . . . 10	10
4 . . . .	45	Addetto ai bunkers . . . . . 16	16
5 . . . .	50	Autoclavista . . . . . 9	9
6 . . . .	48	Autoclavista . . . . . 13 Scrostino . . . . . 6	19
7 . . . .	50	Controllo valvole . . . . . 16	16

Il campione di riferimento usato è costituito da 367 soggetti giunti all'osservazione ambulatoriale per esami cromosomici nel periodo di circa un anno e per i quali il cariotipo era risultato normale.

Lo studio dei cromosomi è stato eseguito, dopo colorazione con Giemsa (5 % in buffer Mc Ilvaine, pH 6), direttamente al microscopio su mitosi bloccate alla metafase con colcemide, ottenute da linfociti di sangue periferico che era stato posto ad incubare, per 48 ore a 37 °C, in terreno RMPI 1640 addizionato di siero e PHA. In questa fase iniziale della ricerca sono state esaminate per ogni soggetto da 30 a 90 mitosi, numero che corrisponde a quello delle mitosi analizzate nel campione di riferimento.

Le specifiche aberrazioni considerate sono rappresentate da gaps cromatici e isocromatidici, rotture cromatidiche, frammenti, cromosomi soprannumerari, che sono quelle più facilmente riscontrabili come effetti di mutageni chimici.

Le cellule con anomalie cromosomiche, sia dei soggetti esposti che dei soggetti del gruppo di controllo, sono state suddivise secondo la classificazione di Buckton [8], che definisce « Cellule B » quelle con semplici aberrazioni (gaps e rotture cromatidiche ed isocromatidiche), « Cellule CU » quelle con alterazioni instabili (frammenti, dicentrici, anelli) e « Cellule CS » quelle con alterazioni cromosomiche stabili (delezioni, traslocazioni, extra-cromosomi).

### RISULTATI

Nella Tab. 2 vengono riportati, per ogni soggetto del primo gruppo, il numero delle mitosi analizzate ed il numero di quelle in cui si sono trovate aberrazioni cromosomiche.

TABELLA 2

#### Risultati dell'analisi citogenetica negli esposti a cloruro di vinile

C A S O	NUMERO DELLE MITOSI ANALIZZATE		
	TOTALE	Con aberrazioni	
		N.	%
1 . . . . .	97	2	2,06
2 . . . . .	30	9	30,00
3 . . . . .	60	2	3,33
4 . . . . .	30	10	33,33
5 . . . . .	30	1	3,33
6 . . . . .	70	2	2,85
7 . . . . .	30	0	0,00

Sono da notare gli ampi limiti di variazione della frequenza di cellule con alterazioni cromosomiche (dal 2,06 % al 33,3 %). È di particolare interesse il caso n. 7 che da molti anni non era stato più esposto all'ambiente inquinato: non si è riscontrata in questo alcuna aberrazione.

La elevata frequenza dei soggetti i cui linfociti presentavano aberrazioni cromosomiche e la sensibile incidenza di mitosi con cromosomi alterati sono state poste a confronto con quanto era stato osservato nel campione di controllo. I dati ed i rispettivi tests di eterogeneità sono riportati nella Tab. 3.

TABELLA 3

**Distribuzione dei soggetti e delle cellule in metafase con o senza aberrazioni cromosomiche nei campioni studiati e analisi delle differenze**

CAMPIONE	NUMERO DI SOGGETTI					NUMERO DI CELLULE				
	Con aberrazione cromosomica			Senza aberrazione cromosomica		Con aberrazione cromosomica			Senza aberrazione cromosomica	
	TOTALE	N.	%	N.	%	TOTALE	N.	%	N.	%
Esposti	7	6	85,7	1	14,3	347	26	7,5	321	92,7
Non esposti	367	47	12,8	320	87,2	11,209	140	1,2	11,069	98,8
Confronto	P (test esatto di Fisher)					X <sup>2</sup>		g.l.	P	
	3,9 × 10 <sup>-5</sup>					92,677		1	« 0,001	

Risulta evidente da tale tabella che la frequenza dei soggetti con aberrazione cromosomica (85,7 %) tra quelli esposti a C.V.M. è in modo altamente significativo ( $P = 3,9 \times 10^{-5}$ ) superiore a quelli non esposti (12,8 %). Così pure la frequenza media delle cellule con aberrazioni cromosomiche (7,5 %) è significativamente superiore ( $P < 0,001$ ) a quella osservata nel campione di controllo (1,2 %).

Nella Tab. 4 è riportata la frequenza delle cellule di diverso tipo, secondo la classificazione di Buckton, nei campioni considerati. Da essa si deduce che nei soggetti esposti, mentre la frequenza delle « Cellule B » è 5,4 volte maggiore di quella riscontrata nei soggetti di controllo, la frequenza delle « Cellule CU » è 9,5 volte maggiore e quella della « Cellule CS » 19 volte.

TABELLA 4

**Frequenza relativa (%) delle cellule di diverso tipo nei campioni controllo (a) e sperimentale (b) e loro rapporto (b/a)**

TIPO DI CELLULE	Controllo (a)	Esposti (b)	b/a
Cellule B . . . .	1,15	6,34	5,4
Cellule CU . . . .	0,06	0,57	9,5
Cellule CS . . . .	0,03	0,57	19,0

Ciò indica che, sebbene le « Cellule B » rappresentino la porzione quantitativamente maggiore delle aberrazioni osservate, l'aumento più significativo, rispetto a quanto accade tra i non esposti, si ha per le « Cellule CU » e le « Cellule CS », che sono in effetti quelle più dimostrative di effetto mutageno.

#### DISCUSSIONE

I dati qui presentati hanno dei limiti, sia per quanto riguarda il numero dei soggetti studiati che il numero delle mitosi esaminate. Ciò nonostante sembrano, nel loro complesso, suggerire che i soggetti esposti al cloruro di vinile manifestano nei linfociti circolanti segni di effetti clastogenici. Si può dunque supporre che, nelle condizioni in cui detti soggetti hanno lavorato, tale sostanza è stata capace di causare danni al materiale genetico.

È importante però sottolineare la notevole variabilità dell'effetto osservato nei 7 soggetti esaminati. Questo fatto emerge anche da altri simili studi sulla azione dei mutageni chimici [9], e richiama l'attenzione sui molteplici fattori che possono confondere l'effetto specifico del cloruro di vinile: suscettibilità individuale, durata e intensità dell'esposizione, esposizione a radiazioni ionizzanti, farmaci, infezioni virali, età, condizioni tecniche delle colture e delle letture. Se l'effetto di alcuni di questi fattori può essere valutato e quantificato, quello di altri invece può più facilmente sfuggire, essere mascherato o non essere quantificabile: si impone perciò la necessità di prenderli in considerazione nelle successive fasi della ricerca onde tenerne il dovuto conto nella interpretazione dei risultati.

Supponendo ad ogni modo, con sufficiente fondamento, che i nostri risultati — i quali sono in accordo con quelli ottenuti nella maggior parte di altre corrispondenti ricerche — indichino effettivamente la capacità di C.V.M. di indurre, nelle condizioni ambientali in cui hanno operato i lavoratori da noi esaminati, un danno al materiale genetico dei linfociti del sangue periferico, si pone allora la domanda quale significato sia da attribuire a tale informazione.

Innanzitutto il danno ai linfociti circolanti potrebbe costituire una indicazione che, come in essi, così in altri tessuti, l'esposizione a C.V.M., in determinate condizioni, sia capace di indurre lo stesso tipo di danno, o altro analogo, a carico del D.N.A. Questa indicazione, tuttavia, al fine di eventuali applicazioni prognostiche e preventive attende verifiche e precisazioni, soprattutto se si suppone che il danno cromosomico provocato, forse anche selettivamente, in tessuti particolari, potrebbe, con una certa probabilità — data la nota carcinogenicità del C.V.M. —, essere all'origine di una neoplasia o almeno associato al suo sviluppo.

Se, sulla base di ampie ricerche prospettive, si riuscirà a stabilire delle correlazioni abbastanza precise tra frequenza di anomalie cromosomiche da cloruro di vinile nei linfociti ed insorgenze di neoplasie in qualsiasi sede, soltanto allora si potranno stimare dei rischi specifici riferendosi alle aberrazioni osservate.

Nonostante l'attuale evidente impossibilità di definire e, quindi, prevedere un danno biologico sulla base di un danno al materiale genetico dei linfociti circolanti, l'esame dei soggetti esposti — opportunamente ripetuto ad intervalli di tempo per eliminare il possibile influsso di fattori confondenti — ha tuttavia il valido significato di monitorizzare gli eventuali individui che potrebbero essere maggiormente a rischio per la loro maggiore suscettibilità o per avere già raggiunto elevati livelli di esposizione.

#### BIBLIOGRAFIA

1. FUNES-CRAVIOTO, F., LAMBERT, B., LINDSTEN, J., EHRENBERG, L., NATARAJAN, A.T. & OSTERMAN-GOLKAR, S. 1975. Chromosome aberrations in workers exposed to vinyl chloride. *Lancet*, **i**: 459.
2. DUCATMAN, A., HIRSCHHORN, K. & SELIKOFF, I. J. 1975. Vinyl chloride exposure and human chromosome aberrations. *Mutat. Res.* **31**: 163-168.
3. PURCHASE, I.F.H., RICHARDSON, C. & ANDERSON, D. 1976. Chromosomal effects in peripheral lymphocytes. *Proc. Roy. Soc. Med.* **69**: 290-292.
4. SZENTESI, I., HORNYAK, E., UNGVARY, G., CZEIZEL, A., BOGNAR, Z. & TIMAR, M. 1976. High rate of chromosomal aberration in PVC workers. *Mutat. Res.* **37**: 313-316.
5. HEATH, C.W.Jr., DUMONT, C.R., GAMBLE, J. & WAXWEILER, R.J. 1977. Chromosomal damage in men occupationally exposed to vinyl chloride monomer and other chemicals. *Environ. Res.* **14**: 68-72.
6. PURCHASE, I.F.H., RICHARDSON, C.R., ANDERSON, D., PAIDLE, G.M. & ADAMS, W.G.F. 1978. Chromosomal analyses in vinyl chloride-exposed workers. *Mutat. Res.* **57**: 325-334.
7. KILIAN, D.J., PICCIANO, D.J. & JACOBSON, C.B. 1975. Industrial monitoring: A cytogenetic approach. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **269**: 4-11.
8. BUCKTON, K.E., JACOBS, P.A., COURT BROWN, W.M. U DOLL, R. 1962. A study of the chromosome damage persisting after X-ray therapy for ankylosing spondylitis. *Lancet*, **ii**: 676-678.
9. PURCHASE, I.F.H. 1978. Chromosomal analysis of exposed populations: a review of industrial problems. In: EVANS, H.J. & LLOYD, D.C.: *Mutagen-induced Chromosome Damage in Man*. University Press, Edinburgh, pp. 258-267.

**SESSIONE VI**

**MONITORAGGIO BIOLOGICO ED ALTRE  
INDAGINI SULL'UOMO**

## **Esposizione professionale ad esano tecnico: studio sui suoi prodotti di biotrasformazione rilevabili nelle urine**

L. PERBELLINI, F. BRUGNONE e E. GAFFURI

*Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università di Padova, Sede di Verona*

L'esposizione ad esano tecnico è molto frequente nell'ambito delle industrie delle calzature e non è stato finora possibile un monitoraggio biologico di tale esposizione.

Come è noto gli idrocarburi alifatici ed aliciclici a 6 atomi di carbonio rappresentano i principali solventi rilevabili nell'esano tecnico: in particolare si tratta di normal-esano, 2-metilpentano, 3-metilpentano, cicloesano e metilciclopentano. Le proporzioni con cui questi solventi sono rilevabili in ambito industriale sono molto diverse: in alcuni calzaturifici abbiamo rilevato prevalentemente il normal-esano ed i suoi isomeri, mentre in altri era prevalente il cicloesano. I prodotti di biotrasformazione dei citati idrocarburi alifatici ed aliciclici sono stati da noi recentemente identificati nelle urine di lavoratori esposti ad esano tecnico [1]. Il cicloesano era presente nelle urine metabolizzato a cicloesanolo, il 2-metilpentano ossidato a 2-metil-2-pentanolo, il 3-metilpentano ossidato a 3-metil-2-pentanolo. Il normal-esano era presente in forma di 2-esanolo, 2,5-esanedione, 2,5-dimetilfurano e  $\gamma$ -valerolattone.

Tra questi metaboliti del normal-esano il prevalente era il 2,5-esanedione che rappresentava il 36 % del totale dei metaboliti urinari, mentre il 2-esanolo rappresentava solo il 2 %.

La specificità dei metaboliti del n-esano, del ciclo-esano e dei loro isomeri assume particolare importanza nell'ambito dell'igiene del lavoro poiché il loro riscontro in liquidi biologici esprime una sicura esposizione ad esano tecnico.

Nella Fig. 1 è presentato il tracciato gas-cromatografico dell'estratto urinario di un lavoratore di un calzaturificio inquinato prevalentemente da n-esano, 2-metilpentano e 3-metilpentano. Sono ben evidenti i picchi corrispondenti ai metaboliti del normal-esano e cioè il 2,5-esanedione, il 2-esanolo,

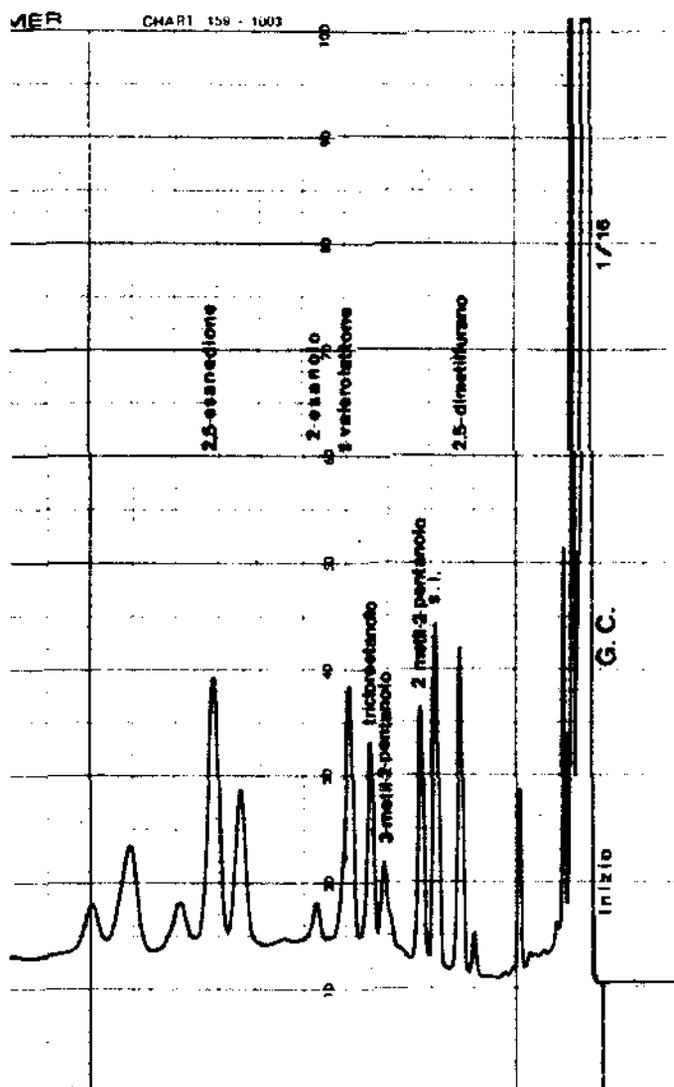


Fig. 1. — Tracciato gas-cromatografico dell'estratto urinario del lavoratore G.C.

il  $\gamma$ -valerolattone ed il 2,5-dimetilfurano. Sono poi ben evidenti anche il 2-metil-2-pentano ed il 3-metil-2-pentano. È presente anche un picco corrispondente a trichloroetano.

Nel tracciato presentato in Fig. 2 si rileva un picco che va fuori scala che corrisponde al trichloroetano.

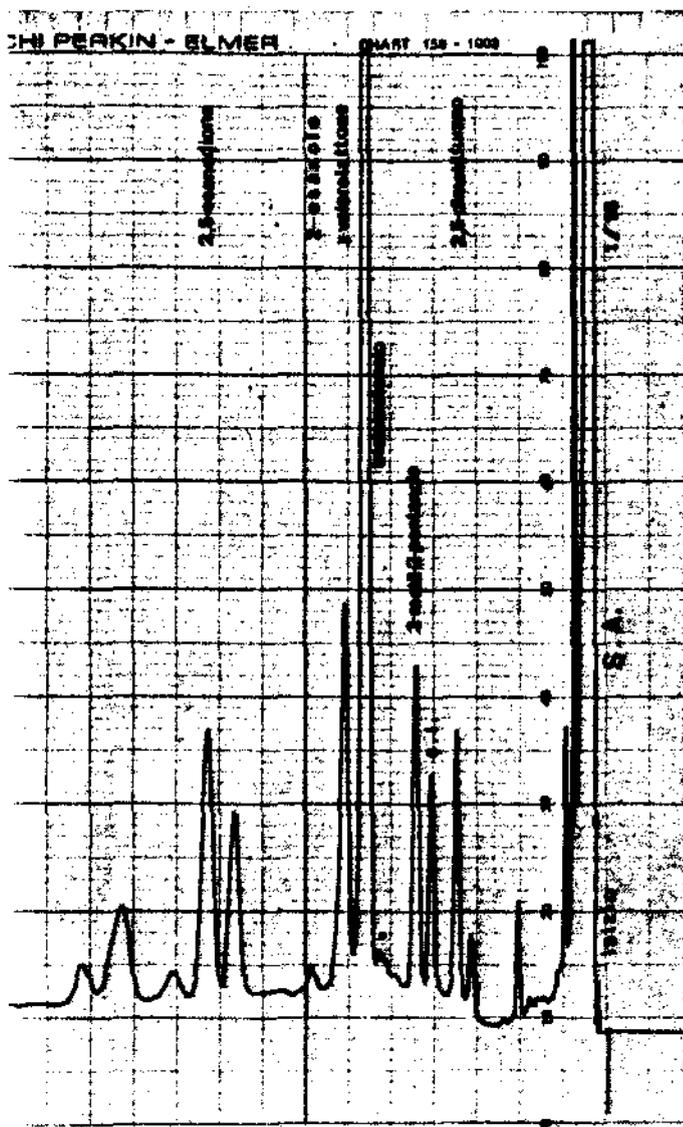


Fig. 2. — Tracciato gas-cromatografico dell'estratto urinario del lavoratore S.A.

Esso sottolinea che il trichloroetilene in questo caso era un inquinante presente in concentrazioni molto maggiori rispetto al caso precedente. Sono ben evidenti anche i metaboliti del normal-esano, del 2-metilpentano, mentre è appena accennato il 3-metil-2-pentanol. L'analisi delle concentrazioni ambientali dei solventi confermava quanto rilevato con i metaboliti urinari.

Nel tracciato riportato in Fig. 3 sono ancora presenti i metaboliti del normal-esano, specie il 2,5-esanedione, ma sono evidenti anche gli altri metaboliti prima ricordati, il 2-metil-2-pentanolio, il 3-metil-2-pentanolio ed inoltre il cicloesanolio che non era presente nei tracciati precedenti. Il cicloesano era uno dei principali solventi documentati nell'ambiente di lavoro.

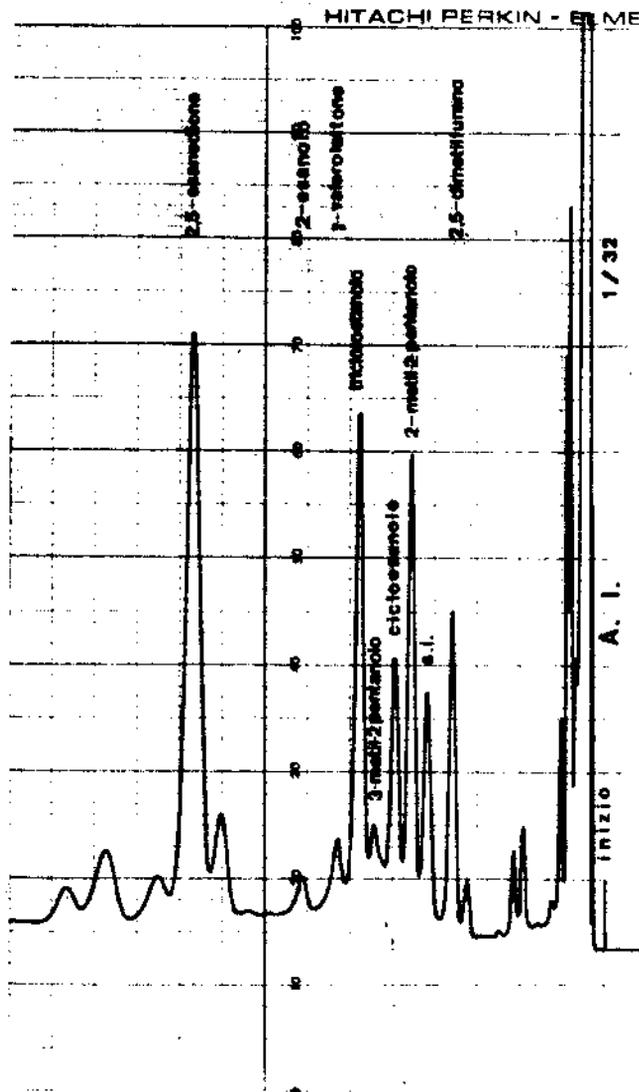


Fig. 3. — Tracciato gas-cromatografico dell'estratto urinario del lavoratore A.I.

Oltre alla specificità documentata per questi prodotti di biotrasformazione, i primi risultati che abbiamo disponibili sul rapporto tra inquinamento ambientale da solventi e concentrazioni dei loro metaboliti urinari, forniscono altri dati a mio parere molto interessanti.

Sono state infatti rilevate correlazioni lineari statisticamente significative tra i seguenti dati:

- 1) concentrazione ambientale del normal-esano e la somma delle concentrazioni dei suoi metaboliti ( $p < 0,01$ );
- 2) concentrazioni ambientali del 3-metilpentano ed escrezione urinaria di 3-metil-2-pentanololo ( $p < 0,01$ );
- 3) concentrazioni ambientali di 2-metilpentano ed escrezione urinaria di 2-metil-2-pentanololo ( $p < 0,001$ );
- 4) concentrazione ambientale del cicloesano ed escrezione urinaria di cicloesanololo ( $p < 0,01$ ).

L'identificazione e la quantificazione dei metaboliti urinari dell'esano commerciale sembrano quindi fornire un metodo molto sensibile sia per la valutazione del tipo di esposizione sia dell'entità dell'esposizione.

Questi nostri primi risultati suggeriscono che è verosimilmente possibile un controllo biologico dell'esposizione professionale ad esano.

#### BIBLIOGRAFIA

1. PERBELLINI, L., BRUGNONE, F. & PAVAN, I. Identification of the metabolites of n-hexane, cyclohexane and their isomers in men's urine. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* (in corso di stampa).

## Determinazione gas-cromatografica dei metaboliti urinari dei cloro derivati dell'etilene

G. VIVOLI, P. BORELLA e M. BERGOMI

*II Cattedra di Igiene, Facoltà di Medicina e Chirurgia,  
Università degli Studi di Modena*

Le tecniche analitiche più frequentemente utilizzate per il monitoraggio biologico dei soggetti professionalmente esposti al tri e tetra-cloroetilene sono generalmente circoscritte al dosaggio per via colorimetrica dell'acido tricloroacetico (ATCA) mediante la tecnica di Fujiawara o sue varianti. Poiché tale reazione non è strettamente specifica, sono stati proposti vari metodi gascromatografici che presentano notevoli vantaggi sotto il profilo della precisione e della specificità, anche se talvolta comportano una maggiore complessità analitica e strumentale [1-7].

Nella presente nota viene descritta una metodica gas-cromatografica da noi messa a punto per il simultaneo dosaggio dei due principali metaboliti urinari (ATCA e TCE) del tri e del tetra-cloroetilene.

### PROCEDIMENTO ANALITICO

Poiché il TCE è in gran parte coniugato con l'acido glicuronico occorre procedere preliminarmente alla idrolisi enzimatica del campione di urina incubando 0,5 ml di urina in presenza di tampone fosfato (pH 7) contenente 5000 unità Fishman di  $\beta$ -glicuronidasi (da *E.coli*) della Biochemia (pari a 0,1 U.I.) per 12 ore a 25 °C. Successivamente l'urina acidificata a pH 2 con HCl N viene sottoposta a due estrazioni consecutive con 5 ml di etere etilico; la fase eterea, previa disidratazione su solfato di sodio anidro viene concentrata mediante evaporatore ruotante. L'ATCA viene trasformato nel suo estere metilico mediante l'aggiunta di una soluzione eterea di diazometano.

*Analisi gas-cromatografica.* -- L'analisi gas-cromatografica dell'estratto etereo è stata effettuata impiegando lo strumento Fractovap mod. GI della

Carlo Erba, munito di un rivelatore a cattura di elettroni ( $\text{Ni}^{63}$ ). Dopo numerose prove sono state adottate le seguenti condizioni operative: — colonna cromatografica in vetro silanizzato (lunga 2 m, diametro  $6 \times 3$  mm); materiale di riempimento: Carbowax 20 M al 10 % su Chromosorb W 60-80 mesh; temperatura della colonna: 125 °C; temperatura dell'evaporatore: 180 °C; temperatura del rivelatore: 200 °C; gas di trasporto: azoto a 60 ml/min; tensione di eccitazione del rivelatore: continua a 20 volt.

### RISULTATI E CONSIDERAZIONI

Nella Fig. 1 è riportato il cromatogramma di un campione di urina di un soggetto professionalmente esposto al tricloroetilene; nelle condizioni operative adottate, si ottiene la registrazione di 2 picchi nettamente separati (costituiti dall'estere metilico dell'ATCA e del TCE) con tempi di ritenzione che non coincidono con nessun componente normale dell'urina.

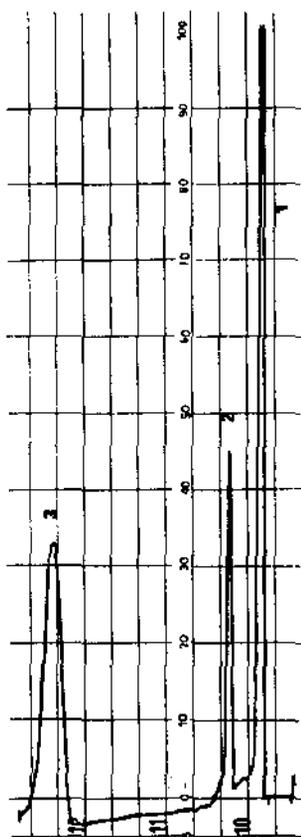


Fig. 1. — Cromatogramma di un estratto di urina di un lavoratore esposto al tricloroetilene:  
 1) picco del solvente;  
 2) picco dell'ATCA;  
 3) picco del TCE.

Per controllare l'efficienza del procedimento analitico sono state addizionate ad uguali aliquote di urina (di un soggetto non professionalmente esposto) quantità scarsi di ATCA e di TCE comprese tra 0 e 60 mg/l. Osservando la Fig. 2 in cui sono raffrontate le curve di taratura ottenute esaminando i campioni di urina addizionati di quantità scarsi dei due metaboliti e quelle ricavate con la diretta introduzione nel gas-cromatografo delle soluzioni standard in etere di ATCA e di TCE, si può rilevare come esse siano praticamente sovrapponibili, il che depono per un recupero pressoché totale dei due composti aggiunti all'urina, nell'intervallo tra 0 e 60 mg/l.

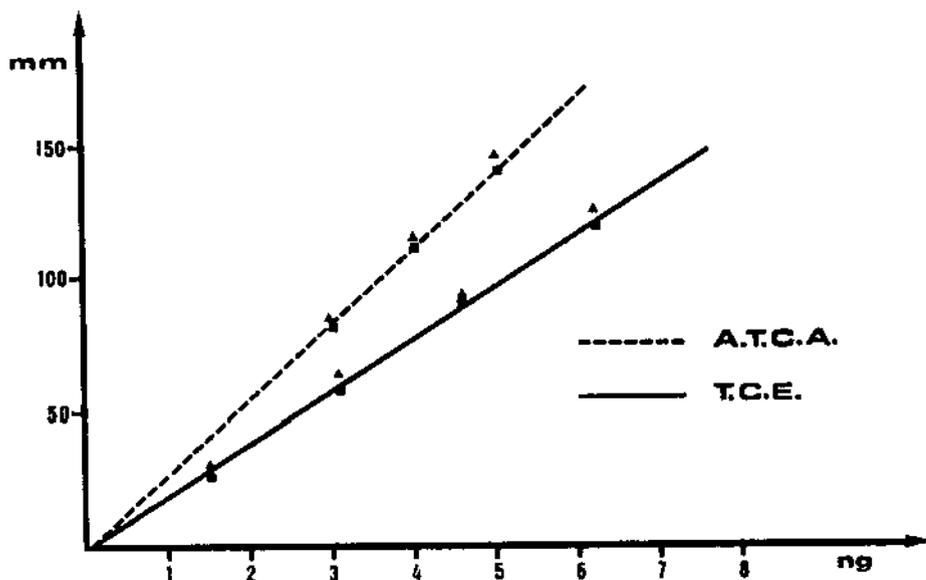


Fig. 2. — Curva di taratura ottenuta con concentrazioni scarsi di ATCA e di TCE addizionati ad una urina di un soggetto non esposto (■) e con soluzioni in etere di tali metaboliti (▲).

Onde verificare la riproducibilità della metodica è stato analizzato per 5 volte lo stesso campione di urina di un lavoratore esposto. Come risulta dalla Tab. I gli scarti registrati tra i vari estratti analizzati sono risultati di entità molto modesta.

In via preliminare abbiamo altresì studiato le condizioni ottimali per ottenere la completa «scissione enzimatica» del legame diestereo tra il TCE e l'acido glicuronico. Le prove eseguite utilizzando quantità scarsi di  $\beta$ -glicuronidasi, hanno documentato che per la totale liberazione del TCE coniugato sono sufficienti, nelle condizioni di incubazione adottate, 5000 U. Fishman di enzima (Fig. 3).

TABELLA 1

Valori ottenuti esaminando  
5 volte lo stesso campione di urina

N.	ATCA (mg/l)	TCE (mg/l)
1. . . . .	90,5	58,5
2. . . . .	88,2	56,0
3. . . . .	92,0	59,5
4. . . . .	87,1	54,8
5. . . . .	90,3	57,0
MEDIA . . . . .	89,62	57,16
D.S. . . . . .	1,95	1,88
C.V. . . . . .	2,18	3,30

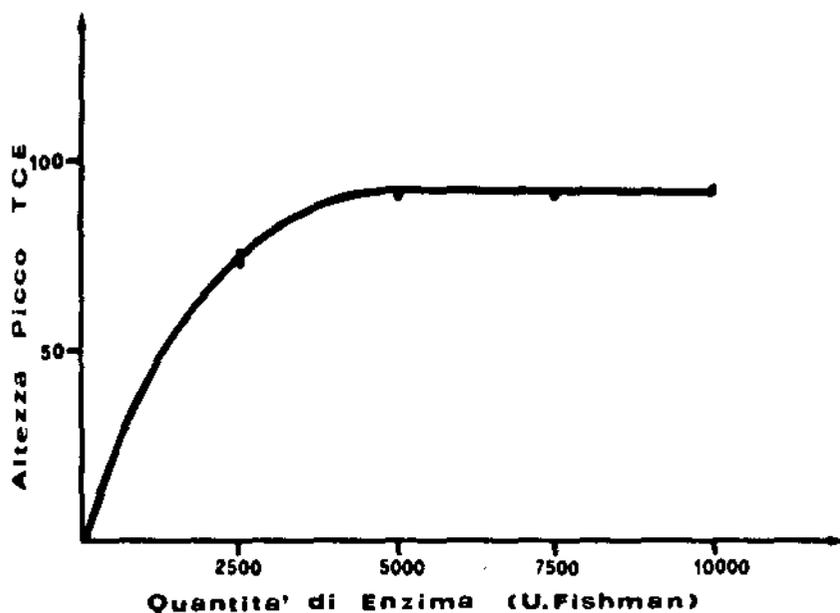


Fig. 3. — Cinetica dell'idrolisi enzimatica del TCE coniugato.

Per verificare l'efficienza del processo estrattivo sono state analizzate separatamente le fasi eteree al termine di ogni singolo processo estrattivo con 5 ml di solvente; con il primo estratto vengono recuperati oltre il 90% dei metaboliti presenti nel campione di urina, mentre con la seconda estra-

zione viene trasferita la restante aliquota di ATCA e di TCE; del tutto superfluo si è dimostrato il terzo procedimento estrattivo.

La tecnica di determinazione dei metaboliti urinari del tri e del tetracloroetilene da noi messa a punto sembra presentare una serie di vantaggi rispetto a molte delle metodiche analitiche finora descritte; essa consente infatti il simultaneo dosaggio dell'ATCA e del TCE con un procedimento relativamente semplice, riproducibile e strettamente specifico. Alcune delle metodiche proposte da vari AA. prevedono invece il dosaggio del solo ATCA [1] od il ricorso a procedimenti estrattivi separati per i vari metaboliti [2, 4, 7]; altre tecniche sono fondate sulla decarbossilazione dell'ATCA in cloroformio o sull'impiego del metodo dello spazio di testa [3] che comportano ugualmente il ricorso a procedimenti separati per i due principali metaboliti.

La misura di ambedue i metaboliti consente di stimare più correttamente il grado di esposizione professionale al tri ed al tetracloroetilene, in quanto le concentrazioni urinarie di ATCA e di TCE ed il loro rapporto di escrezione variano in funzione della durata dell'esposizione e dei livelli ambientali di tali solventi alogenati. Il monitoraggio biologico di molti lavoratori professionalmente esposti a tali solventi alogenati ha dimostrato l'affidabilità della metodica proposta; in particolare è stato documentato, a conferma di analoghe osservazioni di Ikeda e Coll. [7], che la metabolizzazione del tetracloroetilene porta alla escrezione, oltre che di ATCA, anche di TCE, sia pure in concentrazioni sensibilmente inferiori a quelle derivanti dal catabolismo del tricloroetilene.

#### BIBLIOGRAFIA

1. EHRNER-SAMUEL, H., BALMER, K. & THORSELL, W. 1973. Determination of TCA in urine by a gaschromatographic method. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* **34**: 93-96.
2. OGATA, M. & SACKI, T. 1974. Measurement of chloral hydrate, trichloroethanol, trichloroacetic acid and monochloroacetic acid in the serum and the urine by gas-chromatography. *Int. Arch. Arbeitsmed.* **33**: 49-58.
3. BREINER, D.D., KETELAARS, H.C. & VAN ROSSUM, J.M. 1974. Gaschromatographic determination of chloralhydrate trichloroethanol and trichloroacetic acid in blood and in urine employing head space analysis. *J. Chromat.* **88**: 55-63.
4. BUCHET, Y.P., LAUWERYS, R. & ROELS, H. 1974. Le dépistage par chromatographie en phase gazeuse des métabolites urinaires du trichloréthylène: l'acide trichloroacétique et le trichloroéthanol. *Arch. Mal. Profess. Med. Trav. Sécur. Soc.* **3**: 395-402.
5. VESTERBERG, O., GORCZAK, J. & KRASTS, M. 1975. Methods for measuring TCE and TCA in blood and urine after exposure to tri. *Scand. J. Work. Env. Hlth.* **1**: 243-248.

6. HUMBERT, B.E. & FERNANDEZ, J.G. 1976. Simultaneous determination of TCA and TCE by G.C. *Int. Arch. Occup. Env. Hlth.* **36**: 235-241.
7. NOMIYAMA, H., NOMIYAMA, K. & UCHIKI, H. 1978. Gas-liquid chromatographic determination of trichloroethylene metabolites in urine. *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* **39**: 506-510.
8. IKEDA, M., OHTSUJI, H., IMAMURA, T. & KOMOIKE, Y. 1972. Urinary excretion of total trichloro-compounds, trichloroethanol and trichloroacetic acid as measure of exposure to trichloroethylene and tetrachloroethylene. *Br. J. Ind. Med.* **29**: 328-333.

## Tentativo di correlazione tra stirene ambientale a basse concentrazioni ed il suo metabolita urinario acido mandelico

R. DE LORENZO e E. BORRELLI

*SIR/CI, Servizio Ecologia, Porto Torres (Sassari)*

### PREMESSA

La correlazione esistente tra stirene ambientale (Sty) ed il suo metabolita urinario, acido mandelico (AM), è stata oggetto di investigazione da parte di molti AA. per lo più su soggetti « cavie » in speciali camere di prove (microambienti).

Grazie a questi studi, è stato possibile definire un limite orientativo di soglia biologica (BTLV) di 2.000 mg AM/l di urina riferito alla densità standard di 1,025 g/l. Questo valore di soglia corrisponderebbe a concentrazioni di stirene inferiori al TLV.

Nella pratica industriale, considerata la bassissima soglia olfattiva dello stirene compresa tra 0,2 - 0,4 mg/mc [1] e la sintomatologia connessa alle sue proprietà organolettiche, è impensabile che lavoratori esposti a vapori di stirene in un qualsiasi ciclo produttivo possano sopportare tali concentrazioni per 8 ore. Ne consegue che ad escrezioni molto limitate di metabolita corrisponderanno, prevedibilmente, livelli di « esposizione individuale » altrettanto limitati.

Il monitoraggio biologico di routine condotto per più di due anni con frequenza trimestrale sui lavoratori esposti a vapori di stirene nei vari cicli produttivi dello stabilimento petrolchimico SIR/CI di Porto Torres ha evidenziato che, su 400 analisi mirate di acido mandelico urinario, circa il 90 % dei dati è sempre risultato inferiore a 50 mg/l.

Da queste valutazioni è scaturita l'esigenza di misurare l'esposizione effettiva a livello individuale con la tecnica dei campionatori personali portatili, piuttosto che con l'analisi ambientale su postazioni fisse. Questa esigenza è tanto più sentita nei complessi petrolchimici in quanto costituiti da

impianti all'aperto con personale operativo chiamato a continui spostamenti nell'espletamento delle proprie mansioni e soggetto, quindi, a forti oscillazioni nei livelli di esposizione.

Pertanto, i presupposti di questo lavoro, condotto nel reparto finitura dell'impianto gomme SBR (Styrene-Butadiene-Rubber) scelto come tipicamente rappresentativo, sono stati i seguenti:

- verificare l'esposizione individuale dei lavoratori del reparto mediante campionatori personali:

- valutare l'escrezione di AM a partire dall'inizio dell'esposizione fino alle 24 ore successive;

- definire dalla curva di rilascio il momento migliore per il prelievo del campione di urina ai fini del monitoraggio di routine.

#### PARTE SPERIMENTALE

##### a) *Stirene ambientale.*

Il prelievo dei campioni di aria è stato eseguito mediante pompe aspiranti portatili della SIPIN mod. SP/1, su doppio strato di carbone attivo 20-40 mesh secondo la tecnica NIOSH [2]. Il desorbimento è stato effettuato con CS<sub>2</sub> valutando un'efficienza del 85 %. Sia gli standards sia i campioni sono stati analizzati per via gascromatografica secondo le condizioni operative riportate in Tab. 1.

TABELLA 1

#### Condizioni cromatografiche per l'analisi di stirene ambientale (Sty) ed acido mandelico urinario (AM/u)

PARAMETRI	Sty	AM/u
Gasromatografo C. Erba	Fractovap/C	G.T. con Temp. programm.
Rivelatore . . . . .	FID	FID
Colonna . . . . .	Inox; 1,5 mt, $\varnothing = 1/8''$	Inox; 2 mt, $\varnothing = 1/8''$
Riempimento . . . . .	PFAP 15 % su Chromo- sorb P 60/80 mesh	PFAP 5 % su Chromo- sorb G 80/100 mesh
Temperatura colonna . .	100 °C	170 °C
Gas trasportatore . . . .	Azoto	Azoto

b) *Acido mandelico urinario.*

I campioni di urine sono stati prelevati dall'inizio del turno lavorativo del mattino (06-14) con frequenza ogni 4 ore.

L'analisi di AM/u è stata effettuata per via gascromatografica secondo il metodo di Buchet-Lawerys e Coll. [3] previa estrazione eterea del metabolita e sua esterificazione con diazometano. Rispetto alla tecnica da noi usata nel monitoraggio di routine, per una più elevata sensibilità analitica, è stata utilizzata una maggiore aliquota di urina (50 ml contro i consueti 20 ml) e un riempimento della colonna G.C. in PFAP al 5 % in luogo di quello a base di SE/30.

Le condizioni operative sono riportate in Tab. 1.

## RISULTATI E CONCLUSIONI

I valori di stirene sono riportati in Tab. 2, dove si osserva che la mansione di estrusorista comporta una maggior esposizione rispetto a quella di quadrista e di operatore generico. Sulla scorta di tali risultati non abbiamo ritenuto significative le analisi di AM/u su operatori esposti a concentrazioni di stirene inferiori a 2 mg/mc (valori di AM ai limiti della sensibilità analitica).

TABELLA 2

**Reparto finitura gomme SBR. Esposizione individuale a stirene in relazione al tipo di mansione (Prelievi con campionatori personali a carboni attivi secondo metodica NIOSH)**

OPERATORE	Mansione	Tempo di prelievo (ore)	Sty (mg/mc)
A . . . . .	Estrusorista . . . . .	3,0	1,36
B . . . . .	Operatore alle macchine . . . . .	3,0	1,12
C . . . . .	Estrusorista . . . . .	4,5	1,82
D . . . . .	Estrusorista . . . . .	4,5	1,77
E . . . . .	Quadrista	4,5	0,65
F . . . . .	Estrusorista . . . . .	5,0	2,94
G . . . . .	Estrusorista . . . . .	5,0	4,65

In Tab. 3 e Fig. 1 si riporta l'unico caso di correlazione significativa tra Sty ed AM/u. Si può osservare come l'escrezione massima del metabolita (7,1 mg/l) si verifica dopo 14 ore dall'inizio dell'esposizione. Questo andamento è simile a quanto descritto da alcuni AA. sia per basse che per alte concentrazioni di esposizione [4]. Non è confermato, almeno per i livelli di

TABELLA 3

**Valori di AM/u per la mansione di estrusorista  
(Operatore G con livello di esposizione medio  
di 4,65 mg/mc di Sty per turno lavorativo)**

Tempo dall'inizio esposizione (ore)	AM/u (mg/l) (Rif. dens. stand. 1,024)
0	3,6
4,5	6,5
8	6,1
14	7,1
28	3,25
32	2,4

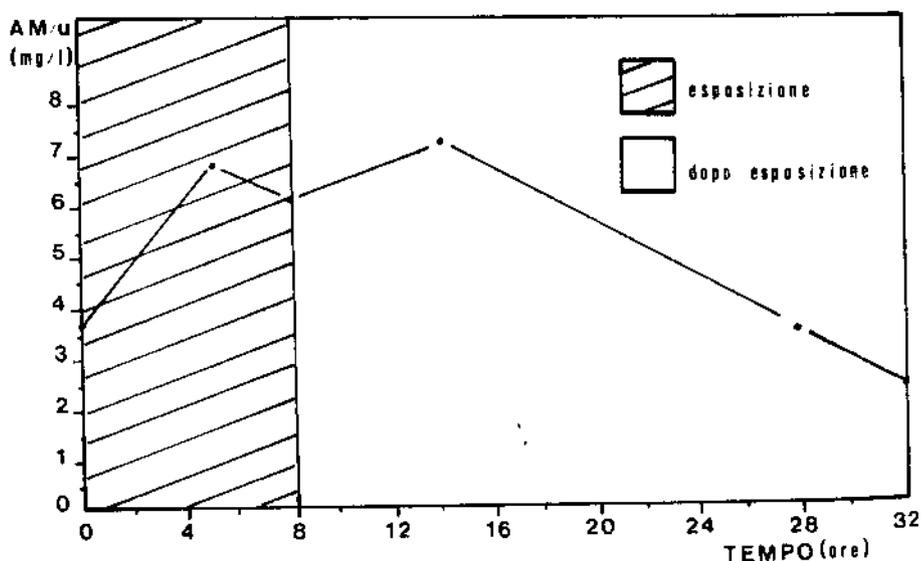


Fig. 1. — Curva di rilascio di acido mandelico urinario (Esposizione a 4,65 mg/mc di stirene ambientale).

esposizione da noi riscontrati, un decremento esponenziale dell'escrezione a partire dalla fine dell'esposizione lavorativa come evidenziato da altri AA. [5].

Quanto sopra rappresenta il punto critico del monitoraggio biologico perché condiziona sia la scelta del momento più idoneo per il prelievo del campione di urina, sia il riferimento al BTLV.

A conclusione di questo lavoro possiamo, quindi, affermare che gli standards e le correlazioni stabiliti in tossicologia clinica (con tests eventualmente condotti su soggetti cavie in speciali camere di prova) trovano un reale riscontro nella tossicologia industriale solo quando l'approccio al problema venga verificato caso per caso, con un'indagine preliminare sul ciclo lavorativo in esame che tenga conto soprattutto della continuità e della frequenza di rischio tossicologico.

In definitiva possiamo anche dire che né il monitoraggio biologico, né il controllo analitico dell'ambiente di lavoro, utilizzati da soli quali unici mezzi di indagine, sono sufficienti a definire i rischi di un'esposizione a vapori tossici. Occorre un giusto abbinamento dei due indirizzi, oltre ad un ovvio sincronismo. Nel caso dei controlli ambientali delle aree di lavoro, ai fini di uno studio di correlazione, la ipotesi di lavoro più corretta ci pare quella che preveda l'uso di campionatori individuali nella valutazione dell'entità dell'esposizione.

#### BIBLIOGRAFIA

1. STERN, A. (Ed.). 1968. *Air Pollution*, vol. II, 2<sup>a</sup> Ed; Cap. 23, pag. 325. Academic Press NY, London.
2. Stanford Research Institute. «NIOSH analytical Methods for Set C», PB-245/852, S 30-1 october 1975 (Reprinted by NTIS of U.S. Department of Commerce, Springfields, Virginia 22161).
3. BUCHET, J.P., LAWERYS, R. & ROELS, H. 1974. Evaluation of the exposure of workers to styrene by means of the determination of its urinary metabolites; M.A. and P.A. 1<sup>a</sup>. Technique of determination of the metabolites by gas-chromatography. *Arch. Mal. Prof.* 35: (4-5): 511-516.
4. VIVOLI, G. & VECCHI, G. 1974. Ricerche sulla escrezione di acido mandelico quale test di esposizione allo stirolo. *Lav. Um.* 26 (1):
5. GUILLEMIN, M.P. & BAUER, D. 1978. Biological Monitoring of exposure to styrene by analysis of combined urinary mandelic acid and phenilglyoxilic acid. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 39.

## L'aria alveolare come indice dell'esposizione a solventi

F. BRUGNONE, L. PERBELLINI, E. CAFFURI e F. D'ANDREA

*Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università di Padova, Sede di Verona*

L'esposizione a solventi è stata studiata in diverse attività lavorative determinando contemporaneamente durante il lavoro la concentrazione dei solventi nell'aria ambiente dei singoli posti di lavoro e nell'aria alveolare dei corrispondenti lavoratori addetti. I campioni di aria sia ambientale che alveolare venivano raccolti in tubi di vetro di 70 ml muniti di tappi a vite con setto perforabile ai due estremi. I campioni di aria sono stati analizzati al gas-cromatografo entro 4-6 ore dal campionamento [1-3]. Sono stati studiati 9 differenti solventi per un totale di circa 100 campioni doppi di aria per ogni solvente.

### RISULTATI

I risultati delle analisi sono stati elaborati per verificare se esisteva una correlazione tra la concentrazione alveolare ed ambientale dei solventi. Nella Tab. 1 sono riportati i coefficienti di correlazione ( $r$ ) tra aria alveolare ed aria ambientale calcolati per i singoli solventi. Sono riportati inoltre i rapporti percentuali tra la concentrazione alveolare ed ambientale ( $Ca/Ci \times 100$ ) dei solventi. Come si può vedere nella suddetta tabella i coefficienti di correlazione ( $r$ ) per i 9 solventi studiati oscillavano tra un minimo di 0,7801 ed un massimo di 0,9835, dimostrando così l'esistenza di una correlazione altamente significativa ( $p < 0,001$ ) per tutti i solventi.

Il rapporto  $Ca/Ci$  riportato in tabella è stato ricavato dal coefficiente angolare della retta di regressione dei singoli solventi. Esso pertanto esprime il valore medio che meglio interpreta il risultato dei nostri dati. Come si vede nella tabella, in riferimento ai differenti solventi, il rapporto tra concentrazione alveolare ed ambientale varia da un massimo di 84,7 % ad un minimo di 14,1 %.

## DISCUSSIONE

La ritenzione alveolare dei solventi, intesa come frazione percentuale dal solvente inalato che dagli alveoli passa nel sangue dei capillari alveolo-polmonari è data dalla seguente formula:

$$R\% = \frac{Ci - Ca \times 100}{Ci}$$

dove Ci = concentrazione inspiratoria e Ca = concentrazione alveolare.

La suddetta formula può essere riscritta nel seguente modo:

$$R\% = (1 - Ca/Ci) \times 100$$

dal quale risulta che la ritenzione alveolare (R) ed il rapporto Ca/Ci sono complementari ( $R + Ca/Ci = 100\%$ ) ed inversamente proporzionali. In altri termini la seconda formula dimostra che a bassi valori del rapporto Ca/Ci corrispondono alti valori di ritenzione alveolare (R) e che conoscendo il valore del rapporto Ca/Ci la ritenzione alveolare può essere calcolata per semplice differenza ( $100\% - Ca/Ci\%$ ).

I nostri dati (Tab. 1) dimostrano che la concentrazione alveolare dei solventi è direttamente correlata in modo altamente significativo ( $p < 0,001$ ) con la concentrazione ambientale dei solventi. Inoltre essi dimostrano che il rapporto Ca/Ci è una costante (coefficiente angolare delle rette di regressione)

TABELLA 1

**Rapporto percentuale tra la concentrazione alveolare ed ambientale dei solventi e coefficiente di correlazione (r)**

	N. campioni	Ca/Ci %	r
3-Metilpentano . . . . .	109	84,7	0,9664
Metilciclopentano . . . . .	92	84,6	0,9720
2-Metilpentano . . . . .	110	84,0	0,9676
n-Esano . . . . .	108	79,9	0,9696
Cicloesano . . . . .	108	79,1	0,9835
Dimetilformamide . . . . .	64	27,8	0,8733
Acetone . . . . .	115	27,7	0,8177
Metiletilchetone . . . . .	98	15,8	0,7801
Toluolo . . . . .	85	14,1	0,8384

e varia in relazione ai diversi solventi. Come riportato in tabella, i primi 5 solventi hanno un rapporto Ca/Ci compreso tra 84,7 e 79,1 %, cioè molto alto.

Essi sono quindi solventi a bassa ritenzione alveolare ( $R\% = 15,3-20,9\%$ ). Gli ultimi 4 solventi (dimetilformamide, acetone, metiletilchetone e toluolo) hanno un rapporto Ca/Ci compreso tra 27,8 e 14,1 %. La loro ritenzione alveolare è quindi compresa tra 72,2 e 85,9 %, cioè molto vicina al massimo (100 %).

Concludendo, i dati del rapporto Ca/Ci e quelli complementari della ritenzione alveolare dimostrano che i solventi, a parità di concentrazione ambientale, vengono assorbiti in quantità diverse. L'assorbibilità maggiore o minore dei solventi può essere determinata a partire dalla conoscenza del rapporto Ca/Ci. Infine risulta evidente che per ogni solvente di cui sia noto il suo rapporto Ca/Ci la sua eventuale concentrazione ambientale in qualsiasi posto di lavoro può essere determinata esaminando campioni di aria alveolare raccolti dai singoli lavoratori addetti, durante il turno di lavoro.

#### BIBLIOGRAFIA

1. BRUGNONE, F., PERBELLINI, L., GRIGOLINI, L. & APOSTOLI, P. 1978. Solvent exposure in a shoe upper factory. I- n-Hexane and acetone concentration in alveolar and environmental air and in blood. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, **42**: 51-62.
2. BRUGNONE, F., PERBELLINI, L., GRIGOLINI, L. & APOSTOLI, P. 1979. Solvent exposure in a shoe upper factory. II- Methylcyclopentane, 2-methylpentane and 3-methylpentane concentration in alveolar and in environmental air and in blood. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, **42**: 355-363.
3. BRUGNONE, F., PERBELLINI, L. & GAFFURI, E. N-N-Dimethylformamide concentration in environmental and alveolar air in artificial leather factory. *Brit. J. Ind. Med.* (in corso di stampa).

## Correlazione tra esposizione a vapori di mercurio inorganico ed idrargiriuria in lavoratori di un impianto clorosoda

P. SALE, N. LO MARTIRE, R. BONARI e R. DE LORENZO

*Cattedra di Igiene Industriale, Università di Cagliari*

*Servizio Medicina del Lavoro S.I.R., Consorzio Industriale S.p.A.*

Il gruppo di operai esposti al rischio è di 52 unità. I dati del mercurio ambientale sono stati determinati in laboratorio secondo la tecnica della spettrofotometria per assorbimento della soluzione acida di permanganato di potassio a datare dal 1977 in poi in 12 punti di rilevazione; i valori di Hg ambientale vengono riportati nella Tab. 1.

TABELLA 1

### Valori medi Hg sala celle-clorosoda

ANNO/SEMESTRE	N. rilevazioni ambientali	Valori ambientali medi Hg $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		M.	Min.	Max.	
1977 . . . . .	I	21	0,105	0,001	0,670
	II	22	0,115	0,011	0,696
1978 . . . . .	I	20	0,142	0,029	0,620
	II	22	0,090	0,006	0,690
1979 . . . . .	I	22	0,065	0,008	0,156
	II	20	0,054	0,008	0,130

Come si può rilevare dalla tabella i periodi di riferimento delle rilevazioni ambientali sono distribuiti nell'arco di circa 3 anni e ciascun periodo ha la durata di 1 semestre durante il quale sono state eseguite in media 21 determinazioni ambientali. Tali valori mostrano un progressivo miglioramento correlabile con gli interventi preventivi adottati.

Sono state praticate circa 40 determinazioni dell'Hg urinario in corrispondenza della fine di ogni trimestre cui si riferiscono i valori ambientali e ciò per meglio evidenziare un eventuale accumulo di Hg in tali periodi. Le urine raccolte erano quelle del primo mattino verso la fine dei turni settimanali lavorativi. La determinazione dell'Hg urinario è stata eseguita secondo la metodica della spettrofotometria per assorbimento atomico (strip-paggio dei vapori freddi). La tabella relativa ai dosaggi urinari di Hg, correlabili ai suddetti valori ambientali, è la Tab. 2.

TABELLA 2

## Valori medi di idrargiriuria in lavoratori esposti in sala celle

ANNO/SEMESTRE		N. analitico urine	Valori medi idrargiriuria γ Hg/litro	Deviazione standard delle idrargiriurie γ Hg/litro
1977. . . . .	I	77	81,2	± 36,01
	II	79	84,24	± 39,86
1978. . . . .	I	84	81,19	± 34,89
	II	82	77,71	± 49,03
1979. . . . .	I	65	60,15	± 44,49
	II	71	43,2	± 27,12

Come si può osservare, esistono notevoli fluttuazioni dei valori e non sempre è rispettata la proporzionalità fra esposizione a Hg urinario e valore medio di idrargiriuria sia perché i tempi di permanenza in sala celle non sono reali, ma calcolati in via presuntiva, sia perché il numero dei dati disponibili per ciascun gruppo di esposizione è alquanto limitato.

Se riportiamo su un sistema di coordinate cartesiane i valori della idrargiriuria media del gruppo di lavoratori e la relativa esposizione a Hg otteniamo la retta di regressione riportata nella Fig. 1. Da questa si evidenzia che il coefficiente di correlazione di Pearson-Bravais è di 0,9784, altamente significativo con un rapporto medio idrargiriuria e mercurio ambientale che risulta essere di 1,4. Dalla suddetta retta di regressione, rileviamo che per lavoratori non esposti, si ha una idrargiriuria di 24,2 γ/l.

In un altro gruppo di 20 soggetti di controllo («normali»), abbiamo rilevato un valore medio di 17,72 γ/l superiore ai valori « normale » o « non esposti » suggeriti dal WHO 1966 di 10 γ/l.

In tale studio non sono state evidenziate influenze negative dovute al sesso, età, residenza urbana o rurale. Per contro notevole importanza può

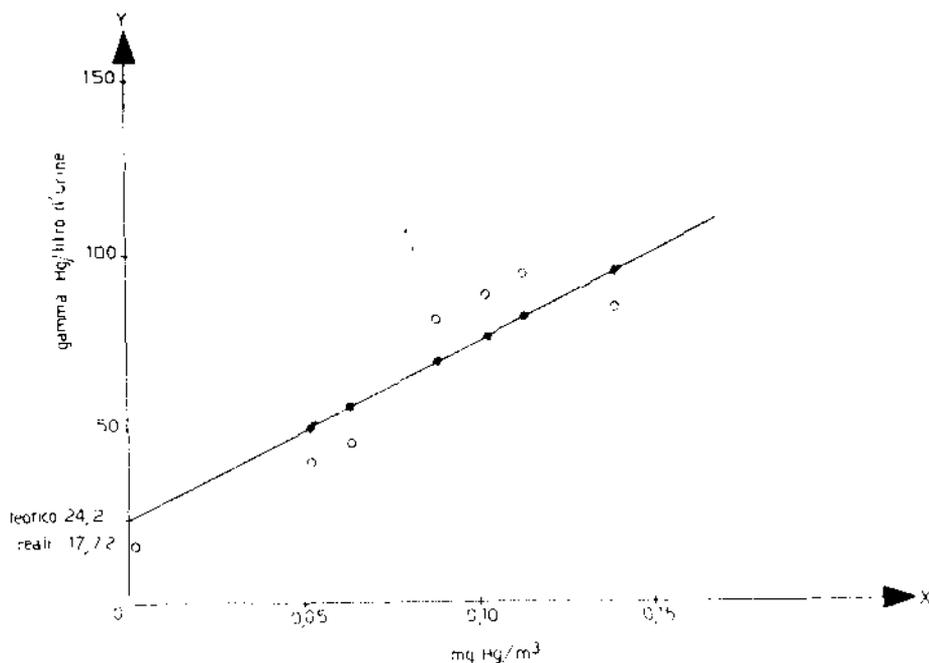


Fig. 1. - Retta di regressione.

rivestire l'alimentazione ed il fumo di sigarette (i nostri lavoratori fumano in media da 10 a 20 sigarette al giorno). Più importante ci sembra il precisare che nell'alimentazione quotidiana dei lavoratori esaminati, che per il 95 % vivono in località marine, i pasti sono ricchi di pesce (30 g al giorno rispetto alla media nazionale di 16 g). A conferma dell'importanza dell'alimentazione sta il fatto che nella medesima popolazione di cui fa parte il gruppo dei nostri soggetti esaminati è stato ritrovato un valore di mercurio nei capelli (6 ppm) superiore alla media nazionale (4-5 ppm).

Si ringraziano i Sigg. A. Lisci, P. Murineddu, P. Panu, del Consiglio di Fabbrica della S.I.R. per la collaborazione nella raccolta ed elaborazione dei dati.

## Determinazione del piombo nel plasma mediante spettroscopia di assorbimento atomico senza fiamma

C. MINOIA (a), A. CAVALLERI (b) (c), M. COLLI (a) e A. BARUFFINI (b)

(a) *Fondazione Clinica del Lavoro, Centro Ricerche di Fisiopatologia e Sicurezza del Lavoro, Università di Pavia*

(b) *Istituto di Medicina del Lavoro, Università di Pavia*

(c) *Cattedra di Medicina del Lavoro, Università di Modena*

La determinazione del piombo nel sangue totale costituisce l'indice più impiegato per la misura dell'assorbimento del metallo. In realtà il sangue contiene il Pb in due forme, una non diffusibile legata alle emazie e una diffusibile presente nel plasma. Quest'ultima per la sua biodisponibilità si mette in equilibrio con gli spazi extravascolari ed è certamente in grado di influenzare direttamente la concentrazione del Pb negli altri compartimenti e quindi gli effetti critici a livello dei vari organi. La frazione plasmatica costituisce pertanto la quota più « attiva » dal punto di vista tossicologico, oltre ad essere il passaggio obbligato di tutte le modificazioni del metabolismo del Pb ed una buona stima della sua farmacocinetica.

Fino ad oggi però le informazioni disponibili sul livello plasmatico di Pb risultano assai scarse, soprattutto a causa delle difficoltà tecniche che si incontrano nel dosaggio di concentrazioni che risultano, nei soggetti normali, 20-30 volte inferiori a quelle presenti nel sangue intero.

Scopo della presente indagine è stata la validazione di un metodo per il dosaggio del Pb nel plasma [1] che utilizza la spettroscopia di assorbimento atomico (forno di grafite) e la estrazione diretta con ammoniopirrolidinditiocarbammato-metilisobutiletone.

### MATERIALI E METODI

#### *Apparecchiature utilizzate.*

Spettrofotometro A.A. Perkin Elmer mod. 603, equipaggiato con forno di grafite HGA 76 b, lampada EDL e relativo alimentatore, registratore Perkin Elmer Hitachi 056.

## RISULTATI

Per verificare l'accuratezza del metodo sono state aggiunte a campioni di plasma quantità note di Pb inorganico (a partire da Pb nitrato). In Tab. 1 vengono riportati i dati di recupero ottenuti, in Tab. 2 viene invece riportata la precisione nel giorno e in giorni diversi.

I valori di Pb plasmatico riscontrati in soggetti sani e professionalmente esposti sono stati riportati in un precedente lavoro [1].

TABELLA 1

## Dati di recupero del Pb addizionato al plasma

N. DETERMINAZIONI	Quantità di Pb aggiunta al plasma $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$	% recupero Pb
20 . . . . .	0,5	88,7
20 . . . . .	1	92,4
20 . . . . .	2	93,7
20 . . . . .	3	93,4

TABELLA 2

## Precisione del metodo

	N. determinazioni	Conc. plasma Pb $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$	C.V. %
a) Nel giorno . . . . .	13	0,30	5,8
	13	0,98	2,3
	13	2,74	2,0
b) In giorni diversi . . . . .	20	0,34	17,8
	20	1,70	8,8

## DISCUSSIONE

L'analisi diretta del Pb nel plasma in spettroscopia di assorbimento atomico « senza fiamma » è stata riportata da Rosen [2], mentre commenti critici a questa procedura sono stati riportati da Evenson e Pendergast [3], Fernandez [4], Cavalleri e Coll. [5].

### *Modalità di prelievo.*

Impiegare un catetere endovenoso in materiale polietilenico con ago in acciaio. Quando il mandrino del catetere viene rimosso scartare i primi 2-3 ml raccogliendo successivamente 5 ml di sangue e utilizzando provetta in politene da 10 ml contenente sodio-eparina. È necessario operare la massima dispersione dell'anticoagulante mediante capovolgimento ripetuto e delicato della provetta di raccolta.

La centrifugazione deve essere condotta a 900 giri/min per 15 min ed eseguita dopo 15 min dal prelievo. Tempi maggiori di contatto emazie-plasma possono provocare trasferimento nel plasma di parte del Pb fissato agli eritrociti.

### *Reagenti.*

- APDC (ammoniopirrolidinditiocarbammato), soluzione acquosa 1 %;
- MIBK (metilisobutilchetone), saturo con H<sub>2</sub>O.

### *Analisi.*

a) Trasferire 1 ml di plasma in provetta da centrifuga da 5 ml in vetro borosilicato;

b) aggiungere 0,5 ml di H<sub>2</sub>O bidistillata e 1 ml di soluzione di APDC. Agitare su vortex per 30 secondi;

c) tappare e lasciare a riposo qualche minuto;

d) aggiungere 0,5 ml di MIBK, agitare su vortex per 45 secondi;

e) centrifugare a 2500 giri/min per 10 minuti;

f) iniettare 25  $\mu$ l di solvente organico in forno di grafite per la determinazione del Pb.

### *Condizioni strumentali.*

Lunghezza d'onda: 2833 Å;

Banda passante: 0,7 nm;

Intensità EDL: 10 W;

Correttore di fondo: non inserito.

### *Parametri forno di grafite.*

Evaporazione: 20-140 °C/20 sec (rampa) 140 °C/20 sec;

Incenerimento: 450 °C/15 sec;

Atomizzazione: 2350 °C/7 sec;

Gas trasporto: azoto;

Gas stop: inserito.

Gli inconvenienti riscontrati sono risultati i seguenti: assorbimenti di fondo da fumi di decomposizione della matrice biologica, recuperi incompleti di Pb addizionato al plasma, effetti matrice da componenti saline del plasma, scarsa sensibilità alle concentrazioni fisiologiche.

Per tutti questi motivi abbiamo optato per un metodo estrattivo in spettroscopia di A.A. versione forno di grafite i cui principali vantaggi possono essere così riassunti:

- possibilità di separare il metallo di interesse dal plasma con conseguente eliminazione dell'effetto matrice;
- possibilità di operare la complessazione del Pb al pH plasmatico;
- ridotta manipolazione del campione, semplicità esecutiva, quantità relativamente modesta di campione necessaria per la analisi;
- aumento della sensibilità, sia per un effetto concentrazione, sia per un effetto solvente (il MIBK tende ad innalzare il segnale specifico del Pb in fase di atomizzazione);
- contenimento dei valori di bianco al di sotto di 2 ppb di Pb.

Le caratteristiche svantaggiose del metodo vanno ricercate principalmente nella necessità di disporre di reattivi ad elevatissimo grado di purezza e alle esigenze di massima decontaminazione che hanno i materiali impiegati. Inoltre la emolisi del campione costituisce un parametro che va accuratamente controllato per evitare grossolane interferenze sul dosaggio della quota plasmatica del metallo.

In conclusione il dosaggio del Pb plasmatico appare affidabile dal punto di vista analitico e costituisce un parametro degno di interesse sia per le sue implicazioni biologiche, sia per lo studio della cinetica del Pb sia per la valutazione della quota metabolicamente più attiva.

#### BIBLIOGRAFIA

1. CAVALLERI, A., MINGIA, C., POZZOLI, L. & BARUFFINI, A. 1978. Determination of plasma lead levels in normal subjects and in lead exposed workers. *Brit. J. Ind. Med.* **35**: 21-26.
2. ROSEN, J.F., ZARATE-SALVADOR, C. & TRINIDAD, E.E. 1974. Plasma lead levels in normal and in lead intoxicated children. *J. Pediatr.* **84**: 45-48.
3. EVENSON, M.A. & PENDERGAST, D.D. 1974. Rapid ultramicro direct determination of erythrocyte lead concentration by A.A.S. with use of the graphite furnace. *Clin. Chem.* **20**: 163-174.
4. FERNANDEZ, F.J. 1975. Micromethod for lead determination in whole blood by A.A. with use of the graphite furnace. *Clin. Chem.* **21**: 588-563.

## Interferenze da farmaci nel monitoraggio biologico della esposizione al piombo

F. SANGUINETTI (a) e M. DOMPÈ (b)

(a) *Centro A. Sanguinetti, Ravenna*

(b) *ANIC, Servizio di Igiene del Lavoro, Milano*

Il monitoraggio biologico dell'esposizione professionale ai tossici ambientali richiede ai laboratori di biochimica clinica prestazioni particolarmente difficili e delicate. La validità di queste prestazioni può essere diminuita dalle varie interferenze in grado di alterare in modo diretto o indiretto i parametri indagati. Sono oggi noti diversi tipi di interferenze: si va dalle condizioni fisiologiche e psicologiche del paziente ai suoi ritmi biologici, alle sue abitudini alimentari, agli eventuali trattamenti terapeutici. È proprio a questo livello che il capitolo delle interferenze presenta i suoi aspetti più interessanti. La recente letteratura è molto ricca in proposito di casistica e ricerche; sono stati compilati dei veri e propri prontuari contenenti un elenco sia di tutte le possibili interferenze esercitate da diversi farmaci su un determinato esame come di tutti gli esami suscettibili di essere influenzati dalla somministrazione di un determinato farmaco [1].

Il monitoraggio biologico dell'esposizione al piombo non appare molto studiato a questo livello, anche se qualche reperto occasionale si può riscontrare in letteratura [1]. Nel quadro di un programma di ricerche dirette a garantire alle analisi utilizzate in questo monitoraggio sempre maggiori validità e significatività abbiamo ritenuto opportuno svolgere una ricerca circa le eventuali influenze da farmaci sulla determinazione dei più comuni parametri chimico-clinici a tal fine impiegati: il dosaggio delle coproporfirine totali (CP), dell'acido  $\delta$ -amino-levulinico (ALA) e del piombo (Pb) nelle urine. Nella presente ricerca riferiamo i risultati di una interferenza causata sui suddetti parametri da un farmaco di assunzione molto diffusa, l'acido ascorbico. In letteratura esistono alcuni reperti concernenti l'azione protettiva esercitata da questa vitamina nei confronti dell'azione nociva

dei metalli pesanti [2]. L'argomento è stato di recente ripreso sul piano sperimentale con una indagine tendente a dimostrare gli effetti della somministrazione dell'acido ascorbico sulla escrezione del piombo con le urine.

L'indagine in oggetto è stata, peraltro, eseguita sul ratto, animale da esperimento che differisce assai dall'uomo per quanto concerne il metabolismo dell'acido ascorbico [3].

Per la nostra indagine abbiamo scelto un gruppo di operai della industria ceramica, soggetti ad una esposizione al piombo di modesta entità ma costante; essi al controllo periodico avevano presentato valori urinari di CP, ALA e Pb discretamente elevati.

Questo gruppo è stato trattato per 30 gg con una dose quotidiana di g 1 di acido ascorbico somministrato per via orale. La determinazione di CP, ALA e Pb nelle urine è stata ripetuta al termine del trattamento. I risultati ottenuti sono esposti nelle Tab. 1 e 2, nelle quali i reperti sono stati distinti in due gruppi a seconda del tipo di interferenza presentato. Nel primo gruppo si osserva la presenza di una evidente interferenza negativa con una rilevante diminuzione dei valori patologici riscontrati prima del trattamento.

TABELLA 1

**Valori di CPU, ALAU, PbU in 6 persone esposte prima e dopo trattamento con acido ascorbico**

*1° Gruppo*

		CPU % <sup>100</sup>	CPU % <sup>24h</sup>	CPU creat.	ALAU mg %	ALAU creat.	PbU % <sup>100</sup>	PbU % <sup>24h</sup>	PbU creat.
O.P. . . . .	A	150	120	100	1,05	7,0	60	48	40
	B	90	81	90	0,27	2,7	25	22	25
M.E. . . . .	A	290	319	241	1,01	8,4	65	71	54
	B	50	90	62	0,30	3,7	25	45	30
B.B. . . . .	A	150	75	93	0,97	6,0	75	37	47
	B	80	64	66	0,43	4,7	20	28	22
B. Gio. . . . .	A	305	366	190	1,02	6,3	140	168	87
	B	160	288	114	0,71	5,1	40	72	28
M.B. . . . .	A	120	60	66	0,92	5,1	50	25	28
	B	70	70	70	0,60	6,0	40	40	40
T.G. . . . .	A	580	290	290	1,43	7,1	55	27	27
	B	160	112	160	0,52	5,2	35	25	35

TABELLA 2

**Valori di CPU, ALAU, PbU in 5 persone esposte al piombo prima e dopo trattamento con acido ascorbico**

*2° Gruppo*

		CPU % <sup>1</sup> / <sub>24h</sub>	CPU % <sup>2</sup> / <sub>24h</sub>	CPU creat.	ALAU mg %	ALAU creat.	PbU % <sup>1</sup> / <sub>24h</sub>	PbU % <sup>2</sup> / <sub>24h</sub>	PbU creat.
F.W.	A	220	198	169	1,07	8,2	45	41	34
	B	250	225	192	1,50	11,5	60	54	46
E.A.	A	100	60	55	1,23	6,8	50	30	28
	B	270	189	225	1,39	11,5	40	28	33
B.G.	A	300	300	150	1,12	5,6	35	35	17
	B	400	440	363	1,72	15,6	75	82	68
R.A.	A	450	765	300	2,02	13,4	70	119	46
	B	820	984	683	2,24	18,6	80	96	64
B. Già.	A	500	400	217	2,00	8,7	80	64	34
	B	300	480	300	1,23	12,3	40	64	40

Nel secondo gruppo l'interferenza appare, invece, come di segno opposto con un aumento anche rilevante della positività dei reperti.

Questi risultati richiedono due differenti livelli di interpretazione e discussione. In primo luogo l'esistenza di una interferenza esercitata dalla assunzione prolungata di acido ascorbico sui parametri urinari presi in esame appare ampiamente dimostrata. Sulle basi dei reperti osservati nell'esperimento sui ratti testè riferito possiamo ipotizzare tale interferenza come di tipo diretto, corrispondente, cioè, ad una reale modifica dei parametri urinari studiati. Questa ipotesi può, del pari, rendere ragione dell'interferenza di segno opposto riscontrata nel secondo gruppo, attribuibile ad una azione mobilizzante nei confronti del piombo depositato nei tessuti in soggetti le cui caratteristiche anamnestiche rivelavano una notevole impregnazione saturnina.

Un secondo livello di interpretazione dei dati suggerisce la possibilità di utilizzare la somministrazione di acido ascorbico nella prevenzione del saturnismo, già proposta per altri tipi di esposizione [4]. La condizione di carenza cronica di acido ascorbico rappresenta per l'uomo una reale possibilità e non è escluso che tale condizione lo possa rendere più suscettibile all'azione nociva del piombo.

## BIBLIOGRAFIA

1. YOUNG, D.S., PESTANER, I.C., & VAL GIBBERMAN. 1975. Effects of drugs on clinical laboratory tests. *Clin. Chem.* **21**: 1D-432D.
2. MCNIFF, E.F., CHENG, L.K., WOODFIELD, H.C. & FUNG, H.L. 1978. Effects of L-cysteine, L-cysteine derivatives and ascorbic acid on lead excretion in rat. *Res. Comm. Chem. Pathol. Pharmacol.* **20**: 131-137.
3. FOX, M.R.S. Protective effects of ascorbic acid against toxicity of heavy metals. 1975. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **258**: 144-150.
4. CLEMETSON, C.A.B. 1979. Some thoughts on the epidemiology of cardiovascular disease. (with special reference to women « on the pill »). Role of ascorbic acid. *Med. Hypothesis.* **5**: 825-834.

## Contributo allo studio della funzionalità epatica in addetti alla lavorazione del policloruro di vinile

N. MAGNAVITA, O. MASCI, M. DI GENNARO, M. GASPERETTI e C. LAURINI

*Istituto di Medicina del lavoro, Università Cattolica del S. Cuore, Roma*

### MATERIALI E METODI

Sono stati esaminati gli operai di due industrie per la trasformazione del PVC.

Nello stabilimento « A » la lavorazione avviene in due sezioni: nella prima (preparazione « compounds ») la resina è mescolata a plastificanti, stabilizzanti ed altri additivi, per ottenere granuli plastificati e rigidi; attraverso varie fasi (blenderaggio, trafilatura, estrusione) essa viene progressivamente riscaldata fino a temperature di 120–140°C. Nella seconda sezione, i granuli vengono trasformati in manufatti mediante un processo di stampaggio a caldo.

Sono stati considerati tre gruppi di operai, in base alla diversa mansione e relativa esposizione: addetti alla preparazione « compounds » (37 soggetti, con età media 42,6 anni) addetti allo stampaggio ed alla manutenzione degli impianti (31 soggetti con età media 38,7 anni), addetti al laboratorio (8 soggetti con età media 38,0 anni). Tutti i soggetti sono di sesso maschile ed hanno una esposizione lavorativa di circa 10 anni.

Nello stabilimento « B » si producono manufatti a partire da PVC in polvere, previa miscelazione con additivi (stabilizzanti, cariche, ecc.). Anche in questo caso, la popolazione operaia è stata suddivisa in tre gruppi a seconda della mansione e conseguente esposizione: produzione (91 soggetti, 36,6 anni), manutenzione (15 soggetti, 3,6 anni) servizi (15 soggetti, 34,4 anni). L'anzianità lavorativa media è di 5 anni e 1/2.

Tutti i soggetti sono stati sottoposti periodicamente nell'arco di tre anni a visita medica; indagini di laboratorio (SGOT, SGPT, FA,  $\gamma$ GT).

Sono stati considerati « alterati » i soggetti che abbiano presentato, nel corso di ciascuno dei tre anni considerati, l'elevazione oltre il valore limite di almeno uno degli esami di laboratorio eseguiti. Nei vari gruppi si è calcolata la % dei parametri alterati e si è proceduto al confronto statistico mediante il metodo del  $X^2$ .

## RISULTATI

Nell'industria « A » la percentuale di soggetti con parametri di funzionalità epatica alterati è pressoché sovrapponibile nei diversi gruppi in esame; il confronto non ha dimostrato differenze statisticamente significative ( $X^2 = P > 0,05$ ). Ciò sembrerebbe togliere importanza alla diversa esposizione come fattore di rischio epatomesivo. Nell'ambito della popolazione totale, l'alterazione più frequente è l'innalzamento della GGT, spesso accompagnato da un aumento delle transaminasi; i valori di FA sono risultati quasi costantemente nei limiti della norma (Tab. 1).

TABELLA 1

## Risultati delle indagini

	Fabbrica A			Fabbrica B		
	Gruppo 1 N (%)	Gruppo 2 N (%)	Gruppo 3 N (%)	Gruppo 1 N (%)	Gruppo 2 N (%)	Gruppo 3 N (%)
<b>SGOT</b>						
1977 . .	5 (16,1)	3 (10,3)	3 (37,5)	2 (2,8)	—	1 (10,0)
1978 . .	2 (5,5)	—	—	—	—	—
1979 . .	17 (45,9)	4 (13,7)	3 (37,5)	14 (16,6)	—	2 (14,2)
<b>SGPT</b>						
1977 . .	7 (22)	6 (20,6)	4 (50)	8 (31,5)	—	—
1978 . .	2 (55)	1 (3,3)	5 (62,5)	2 (2,2)	—	—
1979 . .	4 (10,8)	3 (10,3)	2 (25)	18 (16,6)	—	1 (7,1)
<b>F.A.</b>						
1977 . .	1 (3,2)	—	—	—	—	—
1978 . .	—	—	—	3 (3,2)	1(7,6)	—
1979 . .	2 (5,4)	—	—	1 (1,3)	—	—
<b>GT</b>						
1977 . .	7 (22,5)	9 (31)	4 (50)	5 (7,2)	—	—
1978 . .	7 (19,4)	5 (16,6)	4 (50)	8 (8,8)	2 (15,3)	1 (7,1)
1979 . .	6 (16,2)	7 (24,1)	5 (62,5)	14 (16,6)	3 (23)	1 (7,1)

Le abitudini alcoliche della popolazione e l'alta percentuale di soggetti che presentano all'obiettività epatomegalia, ci consentono di considerare gli operai dell'industria in oggetto come popolazione ad alto rischio. Si ritiene pertanto necessario un attento e prolungato monitoraggio della popolazione nel tempo.

Nell'industria « B », i singoli gruppi mostrano la tendenza ad un progressivo aumento del numero di soggetti con parametri alterati. Mentre l'andamento della percentuale dei soggetti con elevazione delle transaminasi non è costante, quella dei soggetti con  $\gamma$ GT elevate mostra un progressivo incremento; la FA è risultata solo sporadicamente alterata.

La popolazione generale dell'industria rispecchia le caratteristiche dei singoli gruppi. In nessun soggetto si è rilevata una marcata epatomegalia. Per quanto riguarda le abitudini alcoliche, i soggetti rientrano per la gran parte nella categoria dei medi bevitori.

#### DISCUSSIONE

I primi dati relativi alla presenza di una compromissione epatica in operai addetti alla lavorazione del PVC sono forniti da AA. sovietici: tra essi Tribukh [1] rileva note di epatopatia in un gruppo di 73 operai di un'industria di materie plastiche esposti a polvere di PVC, naftaleni e difenili clorurati, plasticizzanti e VCM. Lange e Coll. [2], nel riportare i risultati preliminari di un'indagine condotta su 15 operai, segnalano la presenza in 7 di essi di un'aumentata ritenzione della BSF, con normalità peraltro delle transaminasi. Wegman [3], in 37 addetti alla lavorazione del PVC, rileva alterazioni dell'LDH (60 % dei casi), della SGOT (30 %) della FA (20 %), della SGPT (10 %).

Secondo gli AA. citati, la responsabilità etiologica delle alterazioni riscontrate può essere attribuita a più d'una delle sostanze presenti nella lavorazione (polvere di PVC, VCM, plasticizzanti, altri additivi).

Per quanto riguarda la polvere di PVC, è ancora oggetto di discussione se essa possieda, oltre al noto effetto patogeno sull'apparato respiratorio, una nocività relativa all'apparato digerente. È sperimentalmente dimostrato che le particelle di PVC con granulometria compresa tra 5 e 110  $\mu$ m attraversano la mucosa gastrointestinale per « persorption » ossia tra un enterocita e l'altro, e sono riscontrabili nel chilo e nella circolazione portale [4]. Tali particelle di polivinile contengono radicali liberi intrappolati [5] ai quali è corretto attribuire una possibile azione patogena.

La nocività del cloruro di vinile monomero è ampiamente documentata; prevalentemente agli effetti del monomero si riferiscono le alterazioni della funzione epatica segnalate da numerosi AA.; nella vasta indagine FULC condotta nel 1977 su 4713 operai [6], le alterazioni più frequenti sono risultate la elevazione della  $\gamma$ GT (alterata nel 28,3 % dei casi) e l'epatomegalia (presente in quasi la metà dei lavoratori); a tali reperti si accompagnavano sovente iperbilirubinemia e aumento delle transaminasi.

Nella casistica di alcuni AA., l'esame di laboratorio che presenta le maggiori alterazioni è la fosfatasi alcalina (59 % dei casi); tale parametro è quello che meglio è correlabile alla durata dell'esposizione lavorativa.

Questi dati sono in apparente contrasto con gli studi di altri AA. [7-9], nei quali non si rileva differenza nelle PFE tra operai esposti e gruppi di controllo.

Infine per quanto riguarda i plasticizzanti — in particolare gli esteri ftalici — gli studi attuali non sono sufficienti per una esatta valutazione della nocività. Di essi è comunque noto l'effetto irritante per le mucose, compresa quella gastroenterica; Neergard e Coll. [10] hanno ipotizzato un ruolo etiologico degli ftalati — usati come plasticizzanti del PVC con cui sono fatti i circuiti di dialisi — nell'insorgenza della sintomatologia simil-epatica da loro riscontrata in alcuni pazienti dializzati.

#### CONCLUSIONI

Possiamo quindi sostenere l'esistenza di note più o meno diffuse di epatopatia nella popolazione delle due industrie in oggetto; non riteniamo peraltro di poter affermare l'esistenza di uno stretto nesso di causalità tra tale epatopatia e l'attività lavorativa specifica. Nell'ambito di tale attività, in particolare, concordiamo con i dati forniti dalla letteratura per quanto riguarda la non precisa identificazione dei possibili agenti epatolesivi tra le sostanze in uso, gli eventuali prodotti di degradazione delle stesse e quelli derivanti dalla loro interazione. Inoltre riteniamo necessario, in una fase successiva dell'indagine, analizzare più approfonditamente i vari fattori di « confusione » di natura extra-professionale.

#### BIBLIOGRAFIA

1. TRIBUCK, S.L. *et al.* cit. da: MARSTELLER, H.J., LELBACH, W.K., MULLER, R. & GEDIGK P. 1975. Unusual splenomegalic liver disease as evidenced by peritoneoscopy and guided liver biopsy among polyvinyl chloride production workers. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **246**: 95-34.
2. LANGE, C.E., JUHE, S., STEIN, C. & VELTMAN, G. 1975. Further results in polyvinyl chloride production workers. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **246**: 18-20.
3. WEGMAN, D. 1975. Discussion of further results in polyvinyl chloride production workers. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **246**: 18-20.
4. VOLKHEIMER, G. 1975. Hematogeneous dissemination of ingested polyvinyl chloride particles. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **246**: 164-171.

5. OSTER G. 1975. Discussion of preliminary studies of the fate of inhaled vinyl chloride monomer in rats. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **246**: 149.
6. AUTORI VARI. 1977. Rischi e danni da cloruro di vinile. Convegno Nazionale della FULC, CRD, Regione Emilia Romagna, Regione Toscana, Roma 7-8 luglio 1977. *Quaderni FULC*, n. 4.
7. WYATT, R.H., KOTCHEN, J.M., HOCHSTRASSER, D.L., BUCARAN, J.W., CAMPBELL, D.R., SLAUGHTER, J.C. & DOLL, A.H. 1975. An epidemiological study of blood screening tests and illness history among chemical workers involved in the manufacture of PVC. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* **246**: 80-87.
8. FALK, H. & WAXWEILER, R.J. 1976. Epidemiological studies of vinyl chloride, health effects in the United States. *Proc. Roy Soc. Med.* **69**: 275-310.
9. LEE, F.I., HARRY, D.S., ADAMS, W.C.F. & Lichfield M. 1977. Screening for liver disease in vinyl chloride workers. *Brit. J. Ind. Med.* **34**: 142-147.
10. NEERGARD, J., NIELSON, B. & FAURBY, V. 1971. Plasticizers in PVC and the occurrence of hepatitis in a hemodialysis unit: a preliminary communication. *Scand. J. Urol. Nephrol.* **5**: 141-145.

## Reattività cardiovascolare nel ratto dopo cronica esposizione a cadmio o piombo

A. IANACCONE (a), M. CARMIGNANI (b) e P. BOSCOLO (a)

Istituti di Medicina del Lavoro (a) e di Farmacologia (b), Facoltà di Medicina e Chirurgia,  
Università Cattolica del S. Cuore, Roma

### INTRODUZIONE

Studi epidemiologici hanno evidenziato come la cronica esposizione al cadmio (Cd) od al piombo (Pb) possa indurre un significativo incremento nell'incidenza di affezioni vascolari e di ipertensione arteriosa nei lavoratori e nelle popolazioni a contatto con tali metalli [1].

Indagini sperimentali su animali di laboratorio hanno altresì confermato come il trattamento con Cd, Pb o mercurio possa determinare aumento dei valori pressori sistemici. Ulteriori ricerche hanno dimostrato, in particolare, come il Cd od il Pb siano in grado di indurre alterazioni a livello di sistemi neuroumorali regolanti la funzione cardiocircolatoria (renina-angiotensina, calcicreina-chinine, sistema adrenergico e prostaglandinico [2-4]). Riduzione dei valori di calcicreina urinaria è stata riscontrata sia nell'uomo che nel ratto e coniglio cronicamente esposti al Cd [4, 5]. L'esposizione al Pb, invece, determina significativa riduzione dell'escrezione di calcicreina solo nei lavoratori ipertesi od anziani [1, 6]; tale effetto, nel coniglio, si osserva in seguito a trattamenti con dosi elevate (1000 µg/g nella dieta) somministrate per due mesi [3], mentre non si osserva con dosi minori (50 µg/ml nell'acqua da bere) seppure somministrate per un periodo maggiore (cinque mesi: nostri dati non pubblicati). L'attività reninica plasmatica è normale o ridotta nei lavoratori ipertesi esposti a Pb, variabile in quelli normotesi: l'attività reninica a livello renale appare invece aumentata nei ratti trattati con Pb [2]. Studi *in vitro* rivelano come il Cd possa inibire gli enzimi monoaminoossidasi e catecol-O-metiltransferasi inattivanti sia la noradrenalina che l'adrenalina [7]. Inibizione completa nella produzione di prostaciclina da parte di vasi arteriosi è stata osservata dopo introduzione di Cd nel liquido di perfusione [8].

I dati sopra semplificati sono insufficienti per inquadrare in modo unitario i meccanismi d'azione attraverso i quali il Cd od il Pb possono influenzare la funzione cardiocircolatoria. Scopo della presente ricerca preliminare,

pertanto, è stato quello di evidenziare le eventuali alterazioni indotte dal cronico trattamento con Cd o Pb su alcuni sistemi di controllo neuromorale del circolo.

Nel caso dell'intossicazione da Pb, inoltre, considerando le azioni del metallo a livello di sistema nervoso centrale e periferico descritte in letteratura, si è verificata l'ipotesi che gli effetti sulla pressione arteriosa sistemica (P.A.S.) potessero riconoscere una componente neurogena.

#### MATERIALI E METODI

Ratti Sprague-Dawley maschi appena svezzati sono stati divisi in gruppi di otto animali mantenuti in gabbie comuni a temperatura (22-24 °C), umidità ed illuminazione controllate e con libero accesso al cibo ed all'acqua. Essi erano alimentati con una dieta contenente, come metalli essenziali, circa 50 µg/g di zinco, 60 µg/g di rame e 290 µg/g di ferro. Due gruppi di ratti (controlli) ricevevano per 160 giorni acqua deionizzata; altri tre gruppi ricevevano acqua deionizzata contenente, rispettivamente, 10 µg/ml di Cd, 20 µg/ml di Cd, 50 µg/ml di Pb come sali acetato, sempre per 160 giorni.

Al termine del trattamento gli animali erano anestetizzati con pentothal sodico (50 mg/kg; i.p.) la trachea era quindi intubata, permanendo i ratti in respirazione spontanea. La P.A.S. era registrata in continuo previo incanalamento dell'arteria femorale destra (nei ratti riceventi Pb) o dell'arteria carotide comune destra (nei ratti riceventi Cd) utilizzando un trasduttore Statham P23Db collegato ad un poligrafo (Beckman Type RM Dynograph Recorder). La vena femorale sinistra veniva cateterizzata onde procedere alla iniezione delle sostanze in esame. Dopo completamento delle procedure chirurgiche ogni animale era lasciato indisturbato per almeno trenta minuti per permettere la stabilizzazione dei valori pressori.

Nei gruppi trattati con Cd si procedeva, dopo il rilevamento iniziale della P.A.S., alla seguente sequenza di iniezioni endovenose « rapide »: noradrenalina (0,5 µg/kg in 0,01 N HCl); adrenalina (0,125 e 0,5 µg/kg in 0,01 N HCl); angiotensina I (1 µg/kg in soluzione fisiologica); angiotensina II (1 µg/kg in soluzione fisiologica); bradichinina (1,5 µg/kg in tampone fosfato 0,1 M, pH 7,5); ogni dose era espressa in riferimento alla sostanza base. Il volume di iniezione era costante (0,025 ml); si aveva cura di eseguire ogni successiva somministrazione allorché la P.A.S. si era stabilizzata sui valori di base iniziali.

Al termine dell'esperimento i reni erano prelevati per il dosaggio del Cd mediante tecnica di assorbimento atomico.

Nel gruppo trattato con Pb si adottava il precedente protocollo con le seguenti varianti: a) prima del saggio dei vari agonisti si eseguivano tre prove

per animale di occlusione carotidea bilaterale (per 30 sec, 1 cm al di sotto della biforcazione); b) le dosi di adrenalina saggiate erano 0,25 e 0,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; quelle di angiotensina I ed angiotensina II erano di 0,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; c) a conclusione del saggio della bradichinina si procedeva all'iniezione endovenosa di esametonio HBr (2,5 mg/kg). Nel caso della valutazione delle risposte all'occlusione carotidea bilaterale ed all'esametonio veniva registrata in continuo, unitamente alla P.A.S., la frequenza cardiaca con tecnica cardiografica.

Al termine dell'esperimento si effettuava un prelievo di sangue per la determinazione della piombemia mediante tecnica di assorbimento atomico.

Per ogni agonista si considerava l'effetto massimo (« peak effect »). I solventi impiegati davano luogo, da soli, ad insignificanti variazioni pressorie.

L'analisi statistica dei dati è stata effettuata confrontando le risposte ottenute nei gruppi di controllo con quelle riscontrate nei gruppi trattati con Cd o Pb mediante il test « t » di Student.

#### RISULTATI E DISCUSSIONE

Il trattamento per 160 giorni con 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  e 20  $\mu\text{g}/\text{ml}$  di Cd nell'acqua da bere ha determinato significativi incrementi nei valori pressori sistolici e diastolici degli animali in esame. Di contro, infatti, a valori pari (media  $\pm$  E.S.) a 136  $\pm$  6/ 104  $\pm$  5 mmHg del gruppo di controllo, nei gruppi trattati con 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  e 20  $\mu\text{g}/\text{ml}$  di Cd tali valori erano pari, rispettivamente, a 154  $\pm$  8/ 126  $\pm$  5 ( $P < 0,02$ ) ed a 164  $\pm$  7/ 135  $\pm$  8 mmHg ( $P < 0,01$ ). Nella Tab. 1 sono esemplificati gli effetti, registrati negli stessi gruppi, indotti dal cronico trattamento con Cd nei confronti delle risposte pressorie sistemiche a vari agonisti somministrati per via endovenosa. I gruppi di ratti trattati sia con 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  che con 20  $\mu\text{g}/\text{ml}$  di Cd dimostrano una significativa riduzione delle risposte pressorie sisto-diastoliche alla noradrenalina, angiotensina I e bradichinina. Non significativamente mutata appare la reattività all'angiotensina II. Per quanto riguarda l'adrenalina, invece, si nota negli animali trattati una diminuzione della risposta ipertensiva propria di dosi più elevate (come 0,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ); per dosi minori (come 0,125  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) si ottiene, al contrario, un potenziamento significativo del classico effetto ipotensivo diastolico ed un'inversione della lieve risposta ipertensiva sistolica (più evidenti nel gruppo trattato con 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  di Cd). Non significativamente diverse tra loro appaiono, nei gruppi trattati con 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  e 20  $\mu\text{g}/\text{ml}$  di Cd, le risposte pressorie alla noradrenalina ed angiotensina I, mentre le risposte alla bradichinina sono correlate alle dosi di Cd utilizzate.

Il dosaggio del Cd nei reni ha dato, nel gruppo controllo, un valore (media  $\pm$  E.S.) di 2,6  $\pm$  0,3  $\mu\text{g}/\text{g}$  di tessuto secco: detto valore aumentava a 90,1  $\pm$  4,4  $\mu\text{g}/\text{g}$  nel gruppo trattato con 10  $\mu\text{g}/\text{ml}$  di Cd ed a 120,1  $\pm$  4,3  $\mu\text{g}/\text{g}$  nel gruppo trattato con 20  $\mu\text{g}/\text{ml}$  di Cd.

TABELLA I

**Risposte pressorie sistemiche a vari agonisti in ratti maschi riceventi  
per 180 giorni cadmio o piombo nell'acqua da bere**

AGONISTA E DOSE ( $\mu\text{g kg}^{-1}\text{die}^{-1}$ )	PRESSIONE SISTOLICA ( $\pm$ mmHg $\times$ ES)				PRESSIONE DIASTOLICA ( $\pm$ mmHg $\times$ ES)						
	Cadmio ( $\mu\text{g ml}$ )		Piombo ( $\mu\text{g ml}$ )		Cadmio ( $\mu\text{g ml}$ )		Piombo ( $\mu\text{g ml}$ )				
	0	10	20	0	50	0	10	20	0	50	
Noradrenalina	0,50	45 $\pm$ 5	32 $\pm$ 3(a)	35 $\pm$ 5(b)	42 $\pm$ 3	56 $\pm$ 4(c)	38 $\pm$ 3	25 $\pm$ 2(d)	27 $\pm$ 3(b)	35 $\pm$ 5	44 $\pm$ 1(b)
Adrenalina	0,125	1 $\pm$ 1	10 $\pm$ 2(a)	3 $\pm$ 2(a)	---	---	4 $\pm$ 2	17 $\pm$ 3(c)	6 $\pm$ 1(b)	---	---
	0,25	---	---	---	14 $\pm$ 3	12 $\pm$ 2(a)	---	---	---	9 $\pm$ 2	4 $\pm$ 1(b)
Angiotensina I	0,50	36 $\pm$ 4	17 $\pm$ 2(b)	24 $\pm$ 2(a)	26 $\pm$ 3	36 $\pm$ 4(b)	26 $\pm$ 3	9 $\pm$ 4(c)	16 $\pm$ 2(a)	12 $\pm$ 3	12 $\pm$ 3(a)
	1	57 $\pm$ 5	37 $\pm$ 3(c)	37 $\pm$ 4(a)	25 $\pm$ 4	23 $\pm$ 6(a)	15 $\pm$ 3	36 $\pm$ 3(b)	30 $\pm$ 2(a)	41 $\pm$ 3	41 $\pm$ 3(a)
Angiotensina II	0,50	---	---	---	37 $\pm$ 4	63 $\pm$ 9(c)	---	---	---	35 $\pm$ 3	61 $\pm$ 1(b)
	1	87 $\pm$ 5	86 $\pm$ 8(a)	83 $\pm$ 6(a)	---	---	181 $\pm$ 4	72 $\pm$ 7(a)	70 $\pm$ 5(a)	---	---
Bradichinina	1,50	44 $\pm$ 6	23 $\pm$ 4(a)	14 $\pm$ 2(a)	28 $\pm$ 5	27 $\pm$ 3(a)	40 $\pm$ 3	25 $\pm$ 3(a)	16 $\pm$ 4(c)	30 $\pm$ 4	23 $\pm$ 7(a)

(a) Dose sostanza era somministrata per via endovenosa "rapida", considerata l'effetto massimo raggiunto.

(b) (P &lt; 0,05)

(c) (P &lt; 0,01)

(d) (P &lt; 0,01)

--- non statisticamente differente (P &gt; 0,05) rispetto al controllo. --- (aumentato), --- (diminuito)

Il trattamento per 160 giorni con 50  $\mu\text{g}/\text{ml}$  di Pb nell'acqua da bere ha dato luogo a marcato potenziamento nei valori di P.A.S., che sono risultati pari a  $182 \pm 6/138 \pm 7$  mmHg ( $P < 0,001$ ), rispetto ai valori del gruppo di controllo ( $128 \pm 5/98 \pm 3$  mmHg). Come riportato in Tab. 1, il gruppo di ratti trattato con Pb mostra significativi incrementi nelle risposte pressorie sisto-diastoliche alla noradrenalina ed angiotensina II. Nessuna significativa modificazione risulta, invece, per le risposte all'angiotensina I ed alla bradichinina. Per l'adrenalina si ottiene un'esaltazione della risposta ipertensiva sistolica propria di dosi elevate (come 0,5  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), mentre, per dosi minori (come 0,25  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) idonee a determinare lievi incrementi pressori sisto-diastolici, si assiste a significativa inversione della risposta diastolica.

La Tab. 2 illustra come il gruppo esposto a Pb manifesti spiccata riduzione nei valori di P.A.S. ottenuti in corso di occlusione carotidea bilaterale: negli stessi animali, inoltre, risultano all'incirca raddoppiati gli effetti dell'esametonio a livello pressorio sistemico e della frequenza cardiaca.

I valori di piombemia erano pari (media  $\pm$  E.S.) a  $13,6 \pm 3,2$   $\mu\text{g}/100$  ml nel gruppo di controllo ed a  $38,4 \pm 3,6$  ( $P < 0,001$ ) nel gruppo degli animali trattati.

Nelle condizioni sperimentali adottate sia il Cd che il Pb determinano aumento significativo nei valori di P.A.S. I risultati ottenuti dimostrano come i due metalli inducano una specifica e diversa modificazione nella reattività pressoria sistemica a vari agonisti fisiologici pertinenti a differenti sistemi

TABELLA 2

**Risposte cardiovascolari all'occlusione carotidea bilaterale (O.C.B.) ed all'esametonio HBr in ratti maschi riceventi per 180 giorni 50  $\mu\text{g}/\text{ml}$  di piombo nell'acqua da bere**

GRUPPI	Pressione sistolica ( $x \pm \text{ES}$ ) <sup>(a)</sup>	Pressione diastolica ( $x \pm \text{ES}$ ) <sup>(a)</sup>	Frequenza cardiaca ( $x \pm \text{ES}$ ) <sup>(a)</sup>
Piombo 0 (n = 8)			
O.C.B. . . . . .	34 $\pm$ 2	35 $\pm$ 2	7 $\pm$ 1
Esametonio HBr (2,5 mg kg, i.v.) . . . . .	25 $\pm$ 3	29 $\pm$ 2	8 $\pm$ 2
Piombo 50 (n = 8)			
O.C.B. . . . . .	16 $\pm$ 1 <sup>(d)</sup>	15 $\pm$ 3 <sup>(d)</sup>	4 $\pm$ 1
Esametonio HBr (2,5 mg kg, i.v.) . . . . .	53 $\pm$ 4 <sup>(d)</sup>	63 $\pm$ 5 <sup>(d)</sup>	14 $\pm$ 2 <sup>(d)</sup>

(a) Variazioni percentuali rispetto ai valori di base registrati 30 secondi prima delle prove.

(b) ( $P < 0,05$ ).

(c) ( $P < 0,01$ ).

(d) ( $P < 0,001$ ).

(aumentato), - - - (diminuito).

di regolazione neuromorale del circolo. Unico dato in comune tra gli animali esposti a Cd o Pb appare il potenziamento (ovvero la « sensibilizzazione ») dell'effetto ipotensivo proprio delle « piccole » dosi di adrenalina classicamente comprese, per il ratto, tra 0,05 - 0,20 µg/kg (per via endovenosa).

I risultati ottenuti negli animali esposti a Pb, a seguito di occlusione carotidea bilaterale e della somministrazione di un farmaco ganglioplegico ad attività altamente specifica come l'esametonio, potrebbero interpretarsi con l'ipotesi unitaria della presenza di un aumentato tono simpatico riconducibile ad interessamento, da parte del metallo, di aree e/o nuclei centrali a verosimile localizzazione bulbare.

Prescindendo da una compiuta analisi delle evidenze conseguite, il dato principale di questo studio preliminare è rappresentato dal fatto che la cronica esposizione a Cd o Pb è in grado di determinare ipertensione arteriosa attraverso meccanismi in parte differenziabili. Al riguardo ulteriori indagini potranno verificare, anche nel caso della cronica esposizione a Cd, la eventuale presenza di una componente neurogena alla base dell'effetto ipertensivo sistemico.

#### BIBLIOGRAFIA

1. BOSCOLO, P., FINELLI, V.N., PORCELLI, G. & IANNACCONE, A. 1979. The role of occupational exposure to toxic metals on the development of hypertension. Management and control of heavy metals in the environment. Londra, Settembre 1979, pp. 31-34. CEP Consultants Ltd. Edinburgh.
2. IANNACCONE, A., BOSCOLO, P. & CAVALLOTTI, C. 1978. Glucose-6-phosphate dehydrogenase in kidneys of lead-poisoned rats and adrenalectomized rats. *Nephron*, **20**: 220-226.
3. IANNACCONE, A., PORCELLI, G., BOSCOLO, P. & RANIERI, M. 1975. Urinary kallikrein excretion in lead intoxication. *Life Sci*, **16**: 820.
4. BOSCOLO, P., FINELLI, V.N., CHOUDHURY, H.C., PETERING, H.G. 1979. Kallikrein activity in urine of cadmium exposed rats in relation to the development of hypertension. In: *Cadmium Symposium*. Jena, Agosto 1977, pp. 325-329. Wissenschaftliche Beiträge der Friedrich Schiller-Universität, Jena.
5. IANNACCONE, A., PORCELLI, G. & BOSCOLO, P. 1979. Urinary kallikrein activity in cadmium exposure. In: *Kinins II: Systemic Proteases and Cellular Function (Proc. Intern. Symp. on Kinins)*, pp. 683-684. Fujii S., Moriya H., Suzuki T. (Ed. Plenum Press, New York).
6. BOSCOLO, P., PORCELLI, G., CECCHETTI, G., SALIMEI, E. & IANNACCONE, A. 1978. Urinary kallikrein activity of workers exposed to lead. *Br. J. Ind. Med.* **35**: 226-229.
7. REVIS, N. 1978. A possible mechanism for cadmium induced hypertension in rats. *Life Sci*, **22**: 479-488.
8. CAPRINO, L. & TOGNA, G. 1979. Inhibition of prostacyclin like material formation by cadmium. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* **48**: 529-531.

# **In tema di prevenzione o diagnosi dell'ossicarbonismo: la concentrazione del tiocianato nel siero come indicatore del contributo volontario nella intossicazione**

G. GILLI (a), G. C. VANINI (a) e E. VERCELLOTTI (b)

(a) *Istituto di Igiene Università di Torino*

(b) *Direzione Sanitaria FIAT - S.A. - Torino*

## **PREMESSA**

L'ossido di carbonio è un inquinante « ambientale » derivato da una combustione incompleta, che trova la propria origine in sorgenti multiformi quali:

- a) combustione in impianti fissi;
- b) traffico autoveicolare;
- c) abitudini collettive quali fumo di sigarette;
- d) esposizione professionale.

Studi condotti da numerosi autori hanno permesso di accertare una ridotta influenza da parte dell'ossido di carbonio proveniente da traffico autoveicolare e combustioni in impianti fissi sul tenore di carbossiemoglobina in soggetti urbanizzati, tanto è vero che indagini condotte nel nostro Istituto, su soggetti residenti in Torino e in zone rurali non hanno evidenziato differenze significative tra percentuale di carbossiemoglobina nei due gruppi sottoposti ad indagine.

Viceversa notevole differenza nella concentrazione della carbossiemoglobina viene a manifestarsi tra soggetti fumatori e non fumatori.

## **SCOPO DEL LAVORO**

Nella valutazione, sia a scopo preventivo che a scopo diagnostico, di una esposizione a ossido di carbonio di origine professionale è indispensabile poter dissociare la quota di carbossiemoglobina conseguente ad abitudini di vita (residenza, fumo, alimentazione) da quella strettamente legata ad esposizione lavorativa.

Tra le molteplici sostanze veicolate con il fumo di tabacco la bibliografia internazionale indica nel « cianuro », originatosi dalla combustione stessa, un ideale tracciante della esposizione.

L'assorbimento del fumo porta come conseguenza ad una reazione di detossicazione tale da trasformare il cianuro (CN) in tiocianato (SCN<sup>-</sup>).

A continuazione di indagini precedenti, in cui è stata osservata una correlazione tra numero di sigarette fumate e percentuale di carbossiemoglobina raggiunta, sono stati ottenuti, e qui vengono presentati, i primi risultati di un tentativo per individuare la relazione esistente tra carbossiemoglobina e tiocianato in relazione non solo al numero di sigarette fumate ma anche al tempo trascorso dalla ultima esposizione.

#### METODOLOGIA

Sono stati utilizzati campioni ematici prelevati da individui sicuramente non esposti professionalmente.

L'indagine si è sviluppata in più momenti successivi:

I) Sono stati analizzati 408 individui dei quali è stata valutata la concentrazione di carbossiemoglobina (espressa come % di saturazione) e il livello sierico di tiocianato (espresso come  $\mu\text{M/l}$ ).

Sono inoltre stati calcolati il coefficiente di correlazione ( $R = 0,68$  altamente significativo) e l'equazione della retta interpolante, espressa graficamente in Fig. 1:

II) Sono stati analizzati altri 270 individui, di cui, oltre alla carbossiemoglobina ed al tiocianato, sono state utilizzate alcune variabili individuali quali n° di sigarette eventualmente fumate giornalmente ed il tempo dall'ultima esposizione.

III) Onde poter esprimere mediante una curva interpolante queste 4 variabili sono state utilizzate 2 incognite:

1) il n° di sigarette fumate giornalmente (da 0 a  $>30$ );

2) un coefficiente DPE (Discriminant of Professional Exposure) calcolato tramite le concentrazioni di carbossiemoglobina e tiocianato.

Il tempo dall'ultima esposizione è stato considerato costante in quanto sono stati utilizzati solo i 200 individui non fumatori o che non avevano fumato la mattina del prelievo ( $K = 8$  h).

I 200 individui sono stati poi suddivisi in 7 gruppi in base al consumo giornaliero di sigarette (0; 1-5; 6-10; 11-15; 16-20; 21-30;  $> 30$ ). Di ogni gruppo sono stati calcolati il coefficiente DPE medio ed il consumo medio di sigarette che costituiscono le coordinate di ogni punto della Fig. 1. Sono

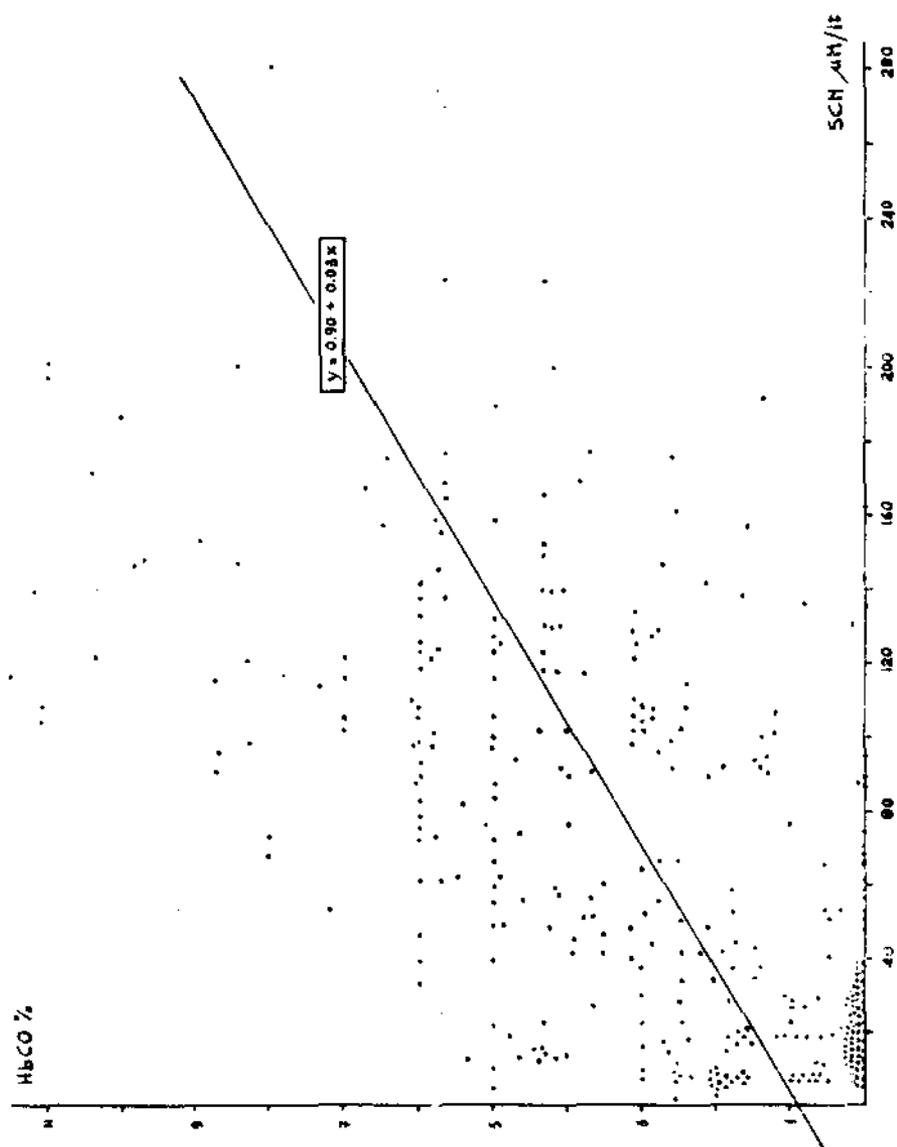


Fig. 3. Retta che rappresenta la relazione tra i livelli sierici di SCH ( $\mu\text{M/lit}$ ) e la percentuale di saturazione della HbCO. Il coefficiente di correlazione tra le due variabili è altamente significativo ( $r = 0.66$ ).

SESSIONE VII

INTERVENTI CORRETTIVI

quindi state tracciate 2 rette interpolanti che indicano una correlazione pressoché lineare tra il numero di sigarette ed il coefficiente DPE ( $R = 0.98$ ).

### CONCLUSIONI

È stato calcolato un modello matematico che tramite la relazione tra il livello sierico di tiocianato, la % di saturazione della carbossiemoglobina, il n° di sigarette fumate giornalmente ed il tempo trascorso dall'ultima esposizione permette di prevedere in un individuo la quota di carbossiemoglobina imputabile al fumo. Mantenendo costante il tempo trascorso dall'ultima esposizione si è riscontrata una correlazione pressoché lineare tra il n° di sigarette fumate giornalmente ed un coefficiente DPE calcolato tramite le concentrazioni di COHb e SCN.

Attualmente stiamo lavorando per mettere a punto un modello matematico (di cui le equazioni delle 2 rette interpolanti rappresentano un abbozzo) tramite il quale sia possibile valutare in modo inequivocabile la quota di COHb imputabile all'esposizione professionale, conoscendo le altre variabili citate.

Lo sviluppo di questo lavoro apre prospettive sia dal punto di vista « diagnostico », perché permette di discriminare l'esposizione professionale da quella imputabile al fumo, e fornisce quindi al medico del lavoro una cognizione indispensabile per valutare l'eventuale nocività del posto di lavoro, che « preventivo », in quanto permette di evitare che individui con carbossiemoglobinemia abitualmente elevata possano essere adibiti a mansioni che prevedano una esposizione ad elevata concentrazione di ossido di carbonio ambientale.

## **Interventi igienico ambientali in una fabbrica di nastri adesivi: primi risultati**

T. VALENTE e D. CHIAPPERINI

*Istituto di Medicina del Lavoro, Università di Genova*

### INTRODUZIONE

Il ciclo tecnologico dello Stabilimento in esame prevede anche la produzione dei vari collanti che vengono utilizzati per la preparazione dei nastri adesivi. Le gomme vengono macinate e miscelate con gli additivi e con il solvente, che è principalmente l'esano. Il collante viene quindi filtrato e inviato alle macchine spalmatrici, nelle quali si ha la deposizione dello stesso sui film, che subiscono una successiva essiccazione ed avviati al taglio per ottenere i rotoli richiesti.

La maggior parte degli operatori erano perciò esposti a concentrazioni di vapori di solventi (in primo luogo l'esano) in quantità eccedenti i limiti massimi tollerabili. Durante un anno di lavoro presso questo Stabilimento sono state accertate le esposizioni iniziali, si è provveduto a tracciare un programma di interventi in base a priorità dettate dall'entità del rischio stesso, si sono esaminate le cause dell'inquinamento, si sono studiati gli interventi possibili, si è valutata con i tecnici dell'Azienda la realizzabilità degli stessi e si sono accertate le esposizioni dopo le modifiche apportate.

### METODICHE D'INDAGINE

Sono state misurate le portate delle aspirazioni posizionate sulle singole macchine, attraverso misure con anemometro portatile a filo caldo dei Laboratori di Strumentazione Industriale. Per determinare le concentrazioni di solventi, l'aria è stata filtrata mediante cartucce di carbone attivo con l'uso di pompe aspiranti Sipin, eseguendo prelievi sia statici che personali. La quantità di solvente adsorbito è stata determinata, previa estrazione con

solfuro di carbonio, mediante gas-cromatografo Hewlett-Packard 5830 con rivelatore a ionizzazione di fiamma, su colonna SS lunga 4 metri riempita con CW 20 M al 10 % su Chrom W 80/100. L'analisi è stata eseguita in isoterma a 70 °C.

Al fine di studiare e dimensionare gli interventi necessari, abbiamo determinato in laboratorio la velocità di evaporazione del solvente dal collante. Da questa prova abbiamo potuto verificare che, in condizioni di staticità della massa adesiva ed alla temperatura di 21 °C, in assenza di ventilazioni, si ha una velocità di evaporazione per unità di superficie pari a 2,9 mg/cm<sup>2</sup> nel primo minuto, mentre nella prima ora abbiamo osservato una velocità media di evaporazione di 1,7 mg/min/cm<sup>2</sup>.

#### SITUAZIONE INIZIALE

Da una prima serie di rilevazioni di 60 minuti ciascuna è emerso che presso alcune macchine l'inquinamento era contenuto entro i valori limite (prendendo quale riferimento quelli proposti dalla ACGIH per il 1978) mentre presso altre la concentrazione dei solventi è risultata molto elevata.

Nella Tab. 1 abbiamo riportato i valori minimi e massimi riscontrati nel corso della prima campagna di rilevamenti. È da tener presente che questi dati sono solo situazioni estreme di 72 rilievi di vapori organici. Le concen-

TABELLA 1

#### Concentrazioni minime e massime dei solventi prima degli interventi correttivi

MACCHINE		n-Esano mg/m <sup>3</sup>		Tricloro Etilene mg/m <sup>3</sup>		Acetone mg/m <sup>3</sup>	
		Ambien- tale	Personale	Ambien- tale	Per- sonale	Ambien- tale	Personale
Mescolatori con esano	min	133	131	3	3	1	< 1
	max	408	551	14	20	23	36
Mescolatori con trielina	min	130	156	26	156	1	< 1
	max	253	277	510	961	63	85
Mulini raffinatori		365	330	15	17	< 1	< 1
Spalmatrici	min	21	20	2	< 1	< 1	< 1
	max	1.093	1.228	138	139	296	1.719

trazioni di esano inferiori al T.L.V. ( $360 \text{ mg.m}^3$ ) sono risultate il 51 % di quelle analizzate; mentre il 49 % sono superiori al valore limite e, in alcuni casi, si raggiungono concentrazioni anche superiori al triplo del T.L.V.

#### INTERVENTI CORRETTIVI

Abbiamo esaminato inizialmente la situazione alle teste di spalmatura che erano le posizioni che esponevano maggiormente gli operatori ai vapori di solventi. Tenendo presente che sulla testa di spalmatura di ciascuna macchina si ha un continuo apporto di collante, dovremmo calcolare la velocità di evaporazione per un tempo iniziale infinitesimo. Considerando che il fenomeno sperimentale non è rappresentabile con una funzione matematica che possa essere derivata, dobbiamo approssimare la velocità di evaporazione istantanea del solvente alla massima determinabile con buona accuratezza, cioè quella del primo minuto.

Abbiamo successivamente separato idealmente le superfici evaporanti di collante: una è dovuta alla deposizione continua di collante, un'altra è generata dal collante in eccesso che traborda dalle teste di spalmatura e la terza è quella della porzione di film già spalmato, che si trova prima dell'ingresso del tunnel di asciugamento, in continuo e rapido movimento.

L'area maggiore era sicuramente quella della seconda superficie e, per eliminare l'inquinamento da essa generato, è stata studiata una stecca di contenimento di nuova concezione che impedisce che il collante trabordi dalla testa di spalmatura, salvo casi eccezionali e comunque in quantità limitata. L'introduzione di questo presidio non ha portato a concentrazioni di assoluta sicurezza.

Per eliminare anche i vapori di solvente che si liberano dalla prima delle superfici citate, è necessario creare una aspirazione idonea, che si può calcolare mediante la formula:  $A = P/M$ , ove  $A$  è l'aspirazione oraria necessaria allorché si abbia una produzione oraria di inquinante  $P$  e volendo contenere l'inquinamento entro il valore  $M$ . Nel nostro caso  $P$  è dato dal prodotto della velocità di evaporazione per l'area del collante sopra la testa di spalmatura ed  $M$  è il T.L.V. Eseguendo questo calcolo si otteneva un valore di  $58.000 \text{ m}^3/\text{h}$ , ovviamente inapplicabile nel nostro caso. Peraltro, considerando la formula precedente,  $A$  si riduce aumentando  $M$ : questo incremento si può ottenere creando una zona a maggior concentrazione di vapori, ma fuori della zona respiratoria dell'operaio. Pertanto si è suggerito di creare una boxatura attorno alla testa di spalmatura con aperture dimensionate opportunamente, in maniera tale da consentire l'ingresso dell'aria, ma non la dispersione dei vapori di solventi. In questo modo una aspirazione di  $500\text{--}600 \text{ m}^3/\text{h}$  poteva rappresentare il giusto compromesso fra la depressione da creare nel box ed una non eccessiva evaporazione del solvente.

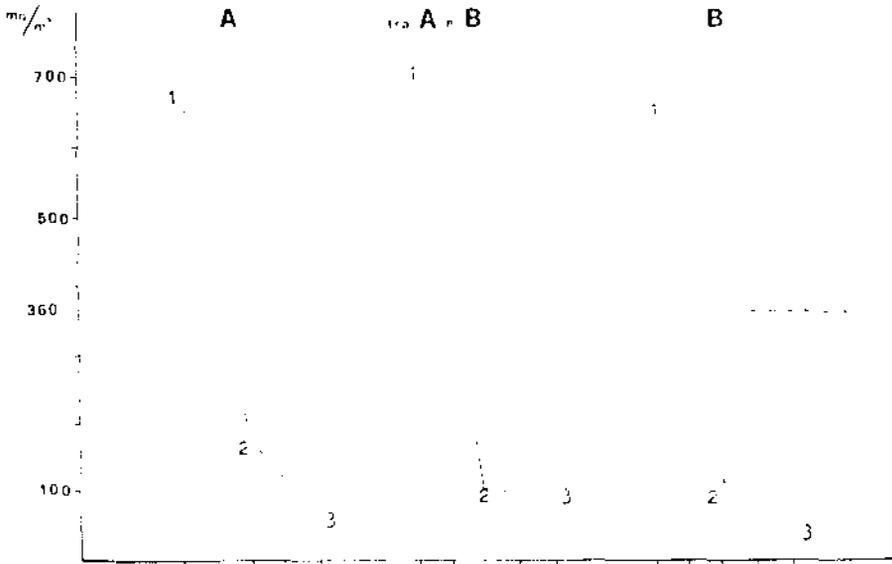


Fig. 1. — Andamento della concentrazione di n-esano in un reparto, durante l'adozione degli interventi correttivi (1 = situazione iniziale; 2 = introduzione della stecca nuova; 3 = situazione finale).

### CONCLUSIONI

I risultati ottenuti sono riassunti nella Fig. 1, che mostra la situazione presso due spalmatrici situate nello stesso reparto ed in un punto intermedio fra loro. Come si può notare, anche solo con la stecca nuova si erano raggiunte concentrazioni di esano inferiori al T.L.V., ma, in considerazione della presenza di altri solventi e per bilanciare eventuali punte di esposizione dovute ad interventi occasionali, si è ritenuto di dover scendere sicuramente al di sotto di 1/3 del T.L.V. facendo costruire il box sulla testa di spalmatura.

L'introduzione sperimentale di boxature parziali ha mostrato addirittura un peggioramento della situazione, avvalorando l'ipotesi che solo una accurata direzionalità della circolazione dell'aria presso la testa di spalmatura poteva consentire di raggiungere gli obiettivi prefissati.

Dal punto di vista dell'Azienda si è avuto un maggior recupero di collante e di solvente.

La strada intrapresa si può pertanto ritenere valida e si sta seguendo anche per le altre spalmatrici, mentre sono in corso esperienze sulle altre macchine dello stabilimento.

## **Proposte d'intervento tecnico contro il calore in una vetreria (\*)**

G. RIPANUCCI

*Consulenza Tecnica Accertamento Rischi Professionali - INAIL*

### **RIASSUNTO**

Sulla scorta dei dati forniti da un'indagine strumentale sul microclima di una vetreria, indagine che ha evidenziato condizioni di disagio da calore per le maestranze, vengono indicati, quali soluzioni tecniche prevenzionali ritenute più idonee, particolari schermi multipli a doppia superficie riflettente e alcuni modelli di « estrattori da tetto ».

---

(\*) Questo lavoro è per esteso in corso di stampa sulla « Rivista degli Infortuni e delle malattie professionali », vol. 67.

## Insonorizzazione di officine meccaniche presso lo Stabilimento Petrochimico di Porto Marghera

B. CARCASSONI, L. MORETTO e G. SCAGLIANTI

*Montedison, Stabilimento Petrochimico, Porto Marghera (Venezia)*

È noto che nelle officine meccaniche ed in particolar modo in quelle di carpenteria, il rumore non può essere eliminato alla sorgente: resta pertanto principalmente la possibilità di ridurre la riverberazione al fine di attenuare la rumorosità negli ambienti in cui operano carpentieri, tubisti, ecc.

Per riverberazione s'intende la persistenza del suono nell'ambiente dopo che la sorgente ha cessato di emetterlo. Ciò è dovuto alle sue riflessioni successive sulle varie pareti che delimitano l'ambiente. Il livello di pressione sonora delle onde riflesse si somma all'emissione della sorgente, secondo una legge logaritmica, generando un livello globale di rumore ben superiore a quello dell'emittente. Per definire la qualità di un ambiente per quanto riguarda la riverberazione si è introdotto il concetto di « tempo di riverberazione », definito come il tempo necessario affinché in un determinato punto di un ambiente chiuso il livello di pressione sonora si riduca di 60 dB rispetto a quello che si ha nell'istante in cui la sorgente sonora emettente, ha cessato di funzionare. Il tempo di riverberazione non è una grandezza costante, ma varia col volume del locale e la frequenza; bisogna perciò calcolarne ogni volta il tempo ottimale.

Nel nostro caso le misure che possono essere adottate per ridurre la rumorosità sono di due tipi e consistono in azioni nel campo riverberato, con trattamento acustico del locale mediante spruzzature alle pareti di materiali fonoassorbenti e la installazione di « baffles ». (pannelli fonoassorbenti) e azioni nel campo diretto, con l'uso di quinte mobili fonoassorbenti e fonoimpedenti. In particolare i baffles presentando una doppia superficie assorbente permettono di ottenere sensibili riduzioni del livello sonoro diffuso (fino a 7-10 dB) rendendo spesso più tollerabili le condizioni di lavoro. Altri loro vantaggi sono quelli di avere un basso costo di installazione, di non presentare difficoltà per la manutenzione degli impianti al di sotto delle coperture e infine che il loro impiego risulta efficace anche nel caso in cui non sia stata trattata l'intera superficie delle coperture, ma solo un 80-90 %.

## RISANAMENTO ACUSTICO DI OFFICINE MECCANICHE

*Prima officina*

L'officina meccanica che viene esaminata per prima è costituita da due sale parzialmente divise con tetto a dente di sega e dimensioni  $54 \times 11,9 \times 7$  m (sala vecchia) e  $54 \times 18,3 \times 9$  m (sala nuova).

*Calcolo teorico del tempo di riverbero.*

Il tempo di riverbero è calcolato con la formula di Sabine [1]:

$$t_t = \frac{0,16 V}{\sum_i S_i \cdot \alpha_i}$$

dove  $t_t$  è il tempo di riverberazione (in sec),  $V$  è il volume dell'ambiente,  $S_i$  la superficie perimetrale  $i$ -esima e  $\alpha_i$  il corrispondente coefficiente di assorbimento alle varie frequenze (ricavato da manuali).

Le caratteristiche dell'ambiente erano le seguenti:  $S_1 =$  pareti a soffitto in muratura  $2.819 \text{ m}^2$ ;  $S_2 =$  pavimento  $1.449 \text{ m}^2$ ;  $S_3 =$  vetrate  $783 \text{ m}^2$ ;  $V =$  volume  $13.617 \text{ m}^3$ .

I risultati ottenuti vengono mostrati in Tab. I e confrontati con quelli misurati sperimentalmente ( $t_R$ ). Il rapporto dei due tempi ( $t_t/t_R$ ) (descritto nella medesima tabella) fornisce un fattore correttivo  $K_i$  che verrà poi introdotto nella formula di Sabine per calcolare il tempo di riverbero che si dovrebbe ottenere facendo determinati trattamenti acustici del locale in considerazione. Come si vedrà i tempi teorici sono 3-4 volte più grandi dei

TABELLA I

**Tempo di riverbero calcolato ( $t_t$ ) secondo la formula di Sabine alle varie frequenze per la prima officina, confronto con quello misurato ( $t_R$ ) e fattore correttivo  $K_i$**

$f_Hz$	$\alpha_i$	$S_i \alpha_i$	$\alpha_i$	$S_i \alpha_i$	$\alpha_i$	$S_i \alpha_i$	$\sum_i S_i \alpha_i$	$t_t$	$t_R$	$K_i$
125 . . .	0,01	28.19	0,01	14.49	0,35	274.05	316.73	6,88	2,3	0,334
250 . . .	0,01	28.19	0,01	14.49	0,25	195.75	239.43	9,14	1,8	0,197
500 . . .	0,01	28.19	0,02	28.98	0,18	140.94	198.11	11,0	2,6	0,236
1000 . . .	0,02	56.38	0,03	43.47	0,12	93.96	193.81	11,24	3,0	0,267
2000 . . .	0,05	140.95	0,04	57.96	0,07	54.81	253.72	8,59	2,7	0,314
4000 . . .	0,07	197.33	0,05	72.45	0,04	31.32	301.1	7,24	—	—

tempi reali, e questo è stato verificato in ogni occasione, per cui riteniamo che sia sempre necessario misurare sperimentalmente i tempi di riverbero prima di decidere se intervenire e quale tipo di intervento fare.

#### *Trattamento delle pareti con materiale fonoassorbente spruzzato.*

La parte delle pareti che è stata trattata corrisponde a 1706 m<sup>2</sup>. Le caratteristiche del locale risultanti dopo la modifica possono essere così sintetizzate: S4/Pareti trattate: 1706 m<sup>2</sup>, S5/Altre [pareti e soffitto: 1112 m<sup>2</sup>. S2, S3 e V senza variazioni.

Sono stati di nuovo quindi calcolati i tempi di riverbero alle varie frequenze inserendo nella formula di Sabine il fattore correttivo  $K_1$  precedentemente ricavato ( $t_r = 0,16 k_1 \frac{V}{\sum_i S_i \alpha_i}$ ) e confrontati con quelli misurati dopo il trattamento alle pareti. I valori di  $\alpha_4$  (0,1 a 125 Hz - 0,13 a 250 - 0,35 a 500 - 0,63 a 1000 - 0,7 a 2000 - 0,67 a 4000 erano stati comunicati dalla Ditta incaricata al lavoro.

Alle frequenze di 125-250-500-1000-2000 Hz i tempi di riverbero calcolati sono risultati rispettivamente 1,55-0,97-0,66-0,47-0,50 mentre quelli misurati 1,3-1,5-1,9-2,0-1,7 sec. Come si vede il tempo di riverberazione reale ( $t_R$ ) è ben superiore a quello teorico ( $t_t$ ) e questo è dovuto al fatto che anche i valori del coefficiente d'assorbimento comunicati erano validi solo nelle condizioni in cui erano stati determinati.

#### *Installazione di « baffles ».*

Al soffitto dell'officina in esame sono stati poi installati dei « baffles », con dimensioni:

- lunghezza . . . . .	5500 mm
- altezza . . . . .	500 mm
- spessore . . . . .	80 mm

in file parallele con interasse 500 mm (sospesi ad una intelaiatura ancorata al soffitto).

Poiché la sala carpenteria è lunga 54 m sono state installate 5 file con 95 baffles ciascuna (per un totale di 475); 3 file ad un'altezza di 9 m (sala nuova) e 2 all'altezza di 7 m (sala vecchia).

I baffles utilizzati sono costituiti da:

- orditura in profilato di alluminio;
- lamiera di alluminio forata e grecata di contenimento;
- velo di vetro;
- pannello di lana di roccia.

*Installazione di quinte mobili.*

Dopo i due trattamenti acustici precedentemente descritti, l'ambiente dell'officina carpenteria si può considerare esente da riverberazione. Volendo ulteriormente migliorarlo abbiamo dotato il locale di quinte mobili fonoassorbenti e fonoimpedenti.

Tali dispositivi hanno lo scopo di ridurre l'inquinamento acustico; infatti esse si oppongono alla trasmissione del suono per via diretta. Installate in una struttura dotata di ruote pivottanti possono essere facilmente spostate in modo da racchiudere completamente una sorgente sonora, ed inoltre con esse viene introdotto nell'ambiente un ulteriore numero di unità assorbenti. Nel nostro caso le quinte mobili utilizzate sono 18 con dimensioni di 2500 × 2000 mm.

Nella Tab. 2 riepiloghiamo i risultati ottenuti con gli interventi descritti.

TABELLA 2

**Diminuzione dei tempi di riverbero conseguiti nella prima officina  
con gli interventi descritti**

	SALA NUOVA					SALA VECCHIA				
	H <sub>z</sub> 125	H <sub>z</sub> 250	H <sub>z</sub> 500	H <sub>z</sub> 1000	H <sub>z</sub> 2000	H <sub>z</sub> 125	H <sub>z</sub> 250	H <sub>z</sub> 500	H <sub>z</sub> 1000	H <sub>z</sub> 2000
Prima del trattamento . . .	2,3	1,8	2,6	3,0	2,7	1,8	1,6	2,8	3,0	2,0
Trattamento a spruzzo . . .	1,3	1,5	1,9	2,0	1,7	1,0	1,6	2,2	1,8	1,4
Baffles . . . . .	1,3	1,1	1,3	1,3	1,4	1,0	1,1	1,2	1,1	1,1
Quinte mobili.	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Applicando poi la formula:

$$dB = 10 \lg \frac{t_0}{t_f}$$

dove  $t_0$  è il tempo di riverbero iniziale e  $t_f$  è il tempo di riverbero finale. È possibile calcolare la riduzione di livello sonoro ottenuta nel campo riverberato.

	H <sub>z</sub> 125	H <sub>z</sub> 250	H <sub>z</sub> 500	H <sub>z</sub> 1000	H <sub>z</sub> 2000	
dB . . . . .	2,5	2,1	4,2	4,8	4,3	Sala nuova
	2,5	2	4,5	4,8	3	Sala vecchia

Considerando sia il campo riverberato che quello diretto, in termini di dB(A) si è passati da 98-102 a 80-88 nelle normali condizioni di lavoro. Il costo dell'investimento è stato di circa 60 milioni (1977).

### Seconda officina

La seconda officina esaminata è ubicata all'interno di un capannone in Eternit (2700 m<sup>3</sup>). Il trattamento è consistito nella installazione di una controsoffittatura fonoassorbente all'altezza delle catene del tetto. La camera d'aria rimasta fra tetto e controsoffittatura incrementa il coefficiente d'assorbimento del materiale acustico impiegato. È noto che un suono ad una definita lunghezza d'onda viene quasi totalmente assorbito quando lo spessore del materiale acustico è uguale a  $\lambda/4$  oppure è posto a una distanza  $\lambda/4$  dalla parete solida riflettente. Nel nostro caso essendo il materiale posto ad una distanza compresa fra 10 cm e 3 m, il massimo assorbimento va da una lunghezza d'onda di 12 m fino a 0,4 m, corrispondenti alle frequenze 28,7 e 860 Hz; questo migliora le caratteristiche del materiale assorbente che normalmente lavora bene solo nelle frequenze medio alte. La riduzione del tempo di riverberazione in questo locale, avente dimensioni in metri 28 × 16 × 6, è stata:

	Hz 250	Hz 500	Hz 1000	Hz 2000	Hz 4000
Prima . . . . .	1,9	2,2	2,2	2,2	1,8
Dopo . . . . .	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8

con una corrispondente riduzione in dB di: 5 a 250 Hz; 5 a 500; 4,4 a 1000; 4,4 a 2000 e 3,5 a 4000. Inoltre anche in questa officina sono state utilizzate delle quinte mobili. Considerando sia il campo riverberato che quello diretto, la riduzione in termini di dB(A) finale è stata approssimativamente di 14 (da 87 a 73) ed il costo totale di 16 milioni circa (1977).

### BIBLIOGRAFIA

1. L.L. BERANEK (Ed.). 1971. *Noise and Vibration Control*, Mc Graw Hill Book Company, New York, p. 237.

## **Effetti della realizzazione di una cabina insonorizzante in un impianto di polistirolo espandibile**

R. DE LORENZO e S. PORCHEDDU

*SIR/CI, Servizio Ecologia, Porto Torres (Sassari)*

### **PREMESSE**

È noto come sia estremamente dispendioso e complesso, anche se più razionale, agire direttamente su una sorgente di emissione sonora, cioè sulla « macchina ». Ciò equivarrebbe ad agire sui materiali e sulla tecnologia costruttiva. È, altresì, evidente che siamo ancora lontani da una soluzione, in questo senso, ergonomica.

Al fine di preservare il personale esposto dal rischio di abbassamento della soglia uditiva rimane, pertanto, un'unica soluzione compatibile sia con i costi di installazione, sia con l'accessibilità della macchina per controlli e/o normale manutenzione: quella, cioè, consistente nell'isolare acusticamente la macchina stessa usando materiali atti allo scopo.

Viene qui descritta la realizzazione di una cabina fonoisolante ottenuta con modica spesa e materiale di facile reperimento nella pratica industriale. Tale realizzazione ha avuto ripercussioni positive sul resto dell'impianto contribuendo a ridurne notevolmente il rumore di fondo.

### **INDAGINE PRELIMINARE**

È stata effettuata, fin dalle prime fasi di avviamento dell'impianto in questione, un'indagine a tappeto al fine di verificare le garanzie di silenziosità fornite dal costruttore relativamente alle macchine più rumorose (compressori, ventilatori, vibrovagli). I risultati dell'indagine preliminare avevano messo in evidenza livelli di rumorosità alquanto elevati, non compatibili sia con il limite di 85 dB(A) per esposizione lavorativa di 8 ore, sia con gli indici di esposizione a rumore come da Norma ACGIH.

In questa sede vengono presi in considerazione, per brevità, i soli risultati ottenuti al piano vibrovagli (con ripercussioni sulla vicina zona polimerizzazione) prima e dopo la realizzazione del sistema di insonorizzazione.

## INTERVENTI CORRETTIVI

Considerata la saltuarietà degli interventi operativi da effettuare sui vibrovagli (prelievo campioni di resina e controlli occasionali sulle reti vagliatrici) la soluzione più vantaggiosa è apparsa quella di ingabbiare i vibrovagli (disposti in numero di otto su due piani sovrapposti) in una cabina fonoisolante delimitata verso il soffitto da uno strato di lana di roccia (quale materiale fono assorbente avente lo scopo di limitare il fenomeno di riverberanza all'interno della cabina) e a Nord dalla parete esterna dell'edificio (senza particolari sistemi isolanti). Uno schema di massima è rappresentato in Fig. 1. La Fig. 2 riporta, invece, uno spaccato della parete fonoisolante vista dall'interno.

Una disposizione di sicurezza fa obbligo dell'uso di cuffie antirumore per accedere alle macchine dislocate all'interno del « box ».

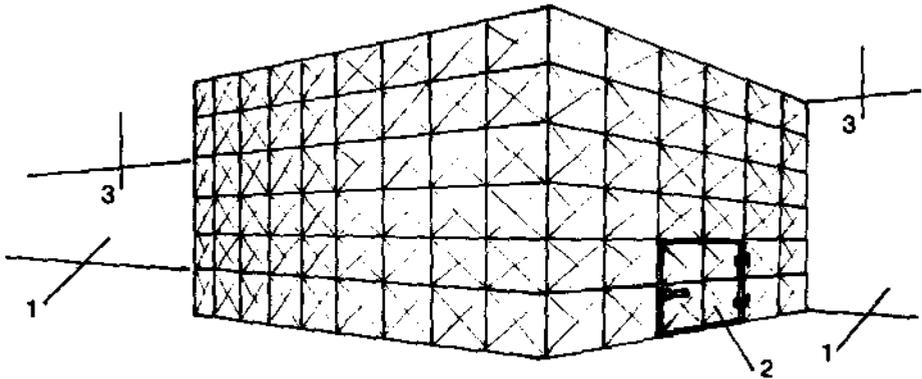


Fig. 1. — Visione prospettica della cabina fonoisolante (6 x 9 x 6 m): 1) parete nord; 2) porta di accesso ai vibrovagli; 3) soffitto.

## VERIFICA DEI RISULTATI

Nella seconda fase dell'indagine abbiamo ricontrollato gli stessi punti di analisi allo scopo di verificare la bontà della realizzazione. In Tab. 1 e in Fig. 3 si riportano i risultati ottenuti ed il confronto con i dati dell'indagine preliminare. Si può osservare che nei punti A, C, E (simmetrici ed equidistanti dai vibrovagli ed esterni al perimetro della cabina) l'abbassamento medio è stato di 15 dB(A). Nei punti H, G, I, L, M relativi all'ambiente di lavoro circostante (piano polimerizzazione) tale diminuzione è di 7 dB(A). In sala controllo (punto N) tale effetto è notevolmente minore; ma ciò era prevedibile sia per la maggior distanza dalla sorgente sonora, sia per il naturale isolamento costituito da pareti, vetrate e doppie porte.

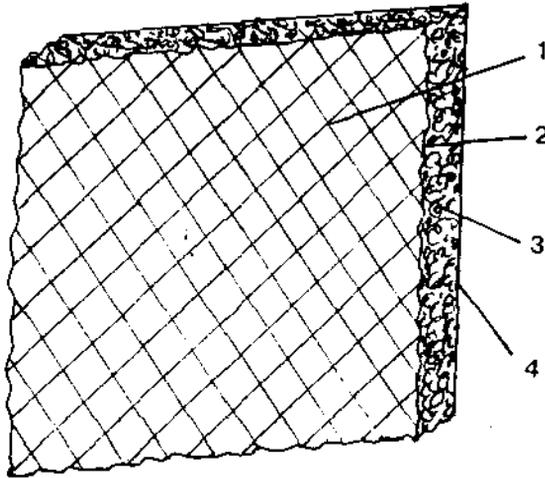


Fig. 2. — Particolare di pannello con i vari strati di materiale fonoisolante (1 x 1 m c.a.): 1) Rete di contenimento (20 x 20 mm,  $\square$  — 0,5 mm); 2) Strato di vernice anti-rombo (— 1 mm c.a.); 3) Strato di lana di roccia (— 50 mm); 4) Lamierino zincato (— 0,8 mm).

TABELLA I

**Effetti della modifica sulla rumorosità ambientale e confronto con i dati dell'indagine preliminare**

ZONA	Punti di analisi	dB (A)		$\Delta$
		Prima della modifica	Dopo insonorizzazione	
Vibrovaghi	C	100	86	— 14
	E	99	85	— 14
	A	102	86	— 16
	H	92	84	— 8
Ambiente circostante	G	96	89	— 7
	I	94	87	— 7
	L	94	87	— 7
	M	92	85	— 7
S.C.	N	64	62	— 2

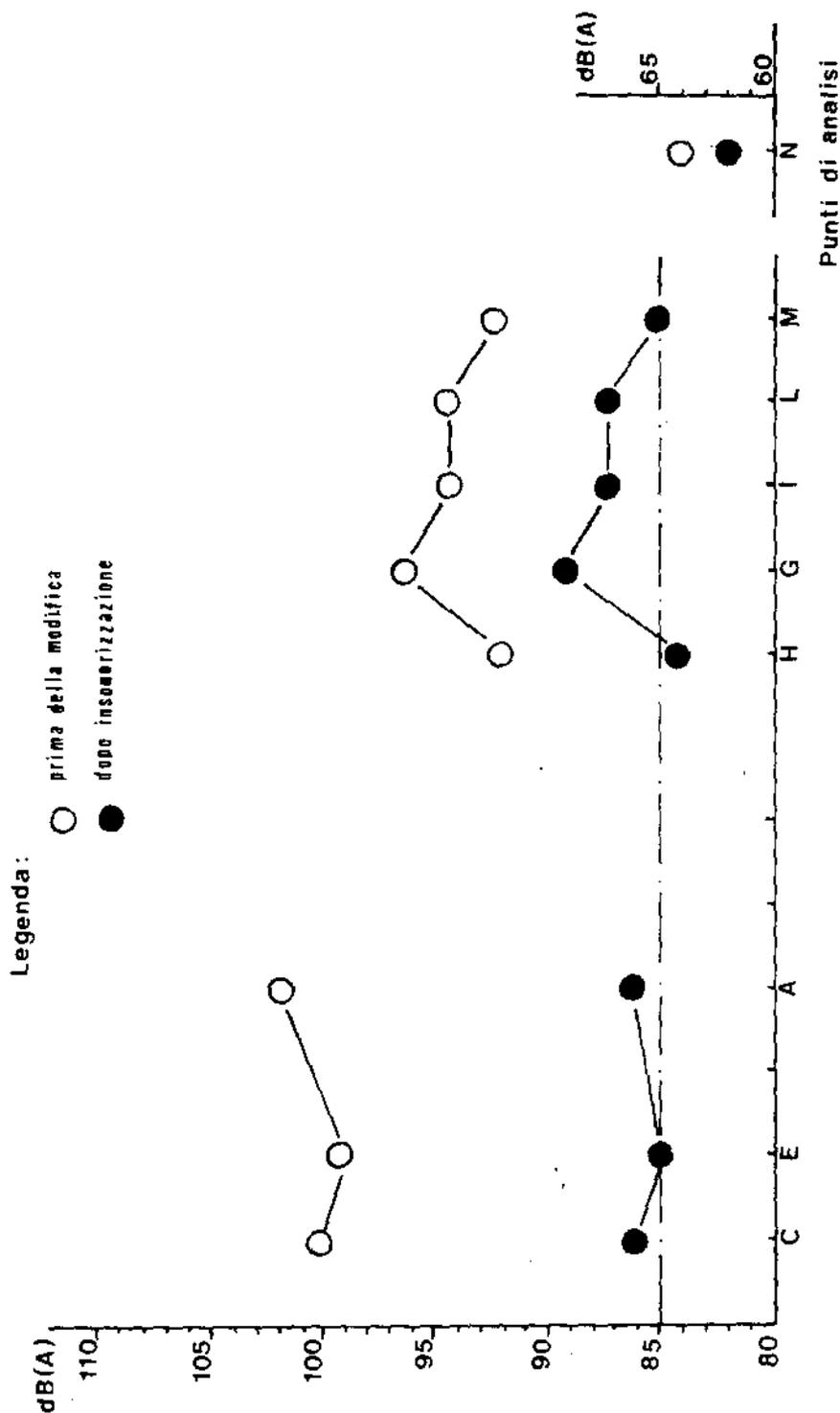


Fig. 3. - Effetti dell'insonorizzazione dei vibrovagli (pt. C, E, A) sull'ambiente di lavoro circostante (pt. H, G, L, M, N) - confronto coi dati dell'indagine preliminar.

In Tab. 2 si riportano gli indici di esposizione a rumore elaborati secondo il criterio ACGIH, tenendo presente i rispettivi tempi di permanenza nei vari punti di analisi e l'esposizione massima consentita ai livelli di pressione sonora riscontrati. Per le due mansioni considerate si osserva una notevole riduzione di tali indici.

TABELLA 2

## Indici di esposizione a rumore secondo ACGIH

MANSIONE OPERATIVA	$I = \sum \frac{C_i}{T_i} < 1$	
	Prima della modifica	Dopo insonorizzazione
Operatore finitura . . . . .	1,57	0,41
Operatore polimerizzazione . . . . .	1,26	0,51

## CONCLUSIONI

Senza entrare nel merito degli effetti « extrauditivi » che qualsiasi fonte di rumore in ogni caso può comportare anche quando si adottino sistemi protettivi idonei (cuffie, tamponi auricolari, etc.) riteniamo di aver assicurato una protezione adeguata (quanto meno dal rumore di fondo) agli operatori del piano vibrovagli e polimerizzazione che per il 90 % della durata del turno lavorativo esplicano le proprie mansioni nei pressi dell'area insonorizzata.

## BIBLIOGRAFIA

1. VIGONE, M. *Igiene del Lavoro ed Inquinamento Industriale: Il Rumore* p. 279-317. C.S.A.O. - Politecnico di Torino.
2. BERANEC, L.L. 1960. *Noise Reduction*. Mc Graw-Hill Co. N.Y.
3. TLV<sub>8</sub> for Physical Agents Adopted by A.C.G.I.H. for 1978. *Noise*.

## **Intervento presso alcune centrali di spinta di un oleodotto per l'abbattimento del rumore**

F. GIARDINO (a), G. GUELFO (b) e C. VOLPATI (a)

(a) *SNAM S.p.A., Medicina del Lavoro e Igiene Ambientale*

(b) *ENI - Ufficio Tossicologia, Epidemiologia e Indagini Ambientali*

La SNAM, mediante il proprio sistema di oleodotti, collega il terminale marino di Genova con numerose raffinerie situate nelle aree industriali del Nord Italia, della Germania Occidentale e della Svizzera. In questa relazione si prende in esame un tronco dell'oleodotto dell'Europa Centrale che parte da Genova ed arriva ad Ingolstadt, attraverso la Svizzera, superando la barriera montuosa della Alpi partendo dal livello del mare fino a raggiungere nel suo punto massimo un'altezza di circa 2000 m. Per imprimere al fluido la pressione necessaria per vincere il dislivello geodetico e le perdite di carico che si verificano lungo il percorso sono installate delle Centrali di spinta. Il tronco dell'oleodotto da noi preso in esame è lungo 80 km, è posto in territorio italiano e comprende tre centrali di spinta, ciascuna delle quali comprende una sala pompe nella quale sono installate quattro pompe centrifughe, tre delle quali servono per l'alimentazione dell'oleodotto. Di queste tre pompe, solo due vengono messe in esercizio mentre la terza viene tenuta di riserva. La loro portata è di 600 m<sup>3</sup>/h ciascuna con una prevalenza di circa 80 atmosfere e sono alimentate da motori elettrici da 1800 KW a 3.000 giri al min raffreddati, quest'ultimi, ad aria con ventole elicoidali ruotanti a circa 3.000 giri al min.

Le centrali di spinta funzionano in continuo; il personale addetto alla manutenzione segue l'orario di lavoro giornaliero; nelle rimanenti ore di funzionamento è presente solo il sorvegliante di turno. Il sorvegliante normalmente non soggiorna nella sala pompe; vi entra solo, per l'effettuazione di normali rilievi, 3 volte al giorno con una permanenza media di circa 15 min per volta. Inoltre, lo stesso personale, per effettuare lavori di pulizia e rabbocchi di olio ed altri piccoli interventi, permane in sala pompe da 1 ora ad 1 ora e 1/2 al giorno. Durante le ore notturne la sala pompe non è presidiata, nell'area c'è solo un sorvegliante di stazione.

Gli interventi di manutenzione che sono eseguiti da personale specializzato addetto esclusivamente a questo genere di lavoro, sono di due tipi: programmati e straordinari. Per gli interventi di manutenzione programmata che comporta la revisione completa di una pompa o di un motore, gli addetti possono permanere in sala pompe anche per un tempo totale di cinque giorni consecutivi, con una permanenza dell'ordine di sei ore al giorno non continuative. Per questo tipo di intervento la frequenza può arrivare a 3 interventi all'anno a seconda delle ore di funzionamento delle macchine. Per l'intervento di manutenzione straordinaria il personale può soggiornare in sala pompe anche 1 o 2 giorni interi a seconda delle esigenze del momento, nel qual caso non è possibile stabilire con quale frequenza; mediamente, nell'arco dell'anno, si può calcolare circa 1 ora al giorno. Gli interventi di manutenzione, sia quelli programmati che quelli straordinari, avvengono normalmente con la centrale in esercizio cioè con 2 pompe in marcia ed una ferma per manutenzione.

Tutto il personale addetto al controllo e alla manutenzione ha in dotazione adatti mezzi protettivi; l'uso di un tipo piuttosto che l'altro di questi è lasciato a libera scelta individuale.

La Direzione del Settore Oleodotti della SNAM in accordo col Servizio di Medicina del Lavoro ed Igiene Ambientale e col Servizio Sicurezza, ha reputato opportuno di fare eseguire da un Ente particolarmente attrezzato a tal fine, le rilevazioni necessarie per stabilire la rumorosità esistente all'interno delle suddette centrali. L'Ente scelto, in accordo con le rappresentanze dei lavoratori, è stato il Centro di Igiene Industriale dell'Università Cattolica del S. Cuore di Roma.

Le prime indagini sono state effettuate nel febbraio del 1975 in 3 centrali che indicheremo con A, B, C le cui sale pompe erano praticamente identiche e si differenziavano solo in alcuni particolari; il soffitto della sala A era insonorizzato a differenza delle altre 2 che, essendo dislocate in zone isolate, non erano state costruite con questo accorgimento; inoltre nella centrale C i motori di 2 pompe su 3 erano insonorizzati. Le misure sono state eseguite in posizioni pressoché identiche nelle 3 centrali con un misuratore di livello sonoro di precisione di tipo impulsivo Bruel & Kjaer 2209.

I risultati ottenuti sono sintetizzati nelle Tab. 1A, 1B, 1C.

Le sorgenti di rumore in una centrale di spinta possono essere così identificate: — rumore idraulico della pompa — rumore magnetico del motore — rumore dell'aria di raffreddamento. Quest'ultima, da un'analisi *in loco*, risultava essere la principale fonte della rumorosità.

La soluzione che subito veniva prospettata era quella dell'incapsulamento delle macchine con involucri fonoassorbenti e fonoisolanti, però questa era una via tecnicamente sconsigliabile data la presenza di un alto numero di apparecchiature e tubi attorno alle macchine che avrebbe reso

TABELLA 1.4

## Centrale di spinta "A"

POSIZIONE DELLA MISURA	d B (Ba)	d B (A)	d B (B)	d B (C)	Note
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P1 - tra questo e la parete . . .	110	107	108	109	<i>In marcia:</i> - pompa centrifuga P1
In mezzo alle pompe centrifughe P1 e P2 . . . . .	103	101	102	103	- pompa centrifuga P2
					<i>Ferme:</i> - pompa centrifuga P3 - pompa centrifuga P4
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P3 (ferma) - tra questo e la parete . . . . .	104	101	102	104	
Tra la parete e la pompa centrifuga P3 . . . . .	102	98	101	101	
In mezzo alle pompe centrifughe P2 e P3 . . . . .	103	99	101	102	
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P2 - tra questo e la parete . . . . .	101	107-108	109	110	
In mezzo alle pompe centrifughe P2 e P3 . . . . .	102	98-99	101	101	<i>In marcia:</i>
In mezzo alle pompe centrifughe P1 e P2 . . . . .	101	98	101	101	- pompa centrifuga P1
Vicino alla pompa P4 . . . . .	99-100	97-98	99	99-100	- pompa centrifuga P3
					<i>Ferme:</i> - pompa centrifuga P2 - pompa centrifuga P4

estremamente difficoltose le operazioni di controllo e di manutenzione. Pertanto, essendo le prime due sorgenti di rumore indicate di entità minore, si decideva di agire sull'ingresso dell'aria di raffreddamento e si è ricorsi ad accorgimenti tecnici con la speranza di ottenere risultati validi per l'abbattimento del rumore nelle sale pompe.

Gli interventi si possono sintetizzare in:

a) sostituzione della ventola elicoidale con una centrifuga radiale di nuovo tipo;

TABELLA 1B

## Centrale di spinta " B "

POSIZIONE DELLA MISURA	d B (lin)	d B (A)	d B (B)	d B (C)	Note
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P3 - tra questo e la parete .	112	109	111	112	<i>In marcia:</i> - pompa centrifuga P2
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P2 - tra questo e la parete .	112-113	110	112	112	- pompa centrifuga P3
In mezzo alle pompe centrifughe P1 e P2 . . . . .	108-109	105	107-108	108	<i>Ferme:</i> - pompa centrifuga P1
In mezzo alle pompe centrifughe P2 e P3 . . . . .	108	105	107-108	108	- pompa centrifuga P4
Vicino al motore della pompa centrifuga . . . . .					
P1 nella posizione dell'addetto alla manutenzione	108	105	107	107-108	

TABELLA 1C

## Centrale di spinta " C "

POSIZIONE DELLA MISURA	d B (lin)	d B (A)	d B (B)	d B (C)	Note
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P2 - tra questo e la parete .	97	93	94-95	97	<i>In marcia:</i> - pompa centrifuga P1
In mezzo alle pompe centrifughe P1 e P2 . . . . .	97	94	95	96	- pompa centrifuga P2 insonorizzate
In mezzo alle pompe centrifughe P2 e P3 . . . . .	96	92	94	96	<i>Ferme:</i> - pompa centrifuga P3
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P1 - tra questo e la parete .	99	94	95	98	- pompa centrifuga P1
A circa 1 m dal motore della pompa P2 - tra questo e la parete . . . . .	95	88 - 89	92	95	<i>In marcia:</i> - pompa centrifuga P2 insonorizzata
A circa 1 m dal motore della pompa P3 tra questo e la parete . . . . .	110	109	109	110	<i>In marcia:</i> - pompa centrifuga P3 non insonorizzata

b) inserimento di una cuffia di insonorizzazione, di materiale fonoassorbente, sulla presa d'aria che convoglia l'aria di raffreddamento ai motori.

Al completamento dei lavori di miglioria si è proceduto all'effettuazione di un'altra indagine ambientale.

Onde rendere confrontabili i risultati, le misure sono state effettuate dagli stessi tecnici del Centro di Igiene Industriale dell'Università Cattolica del S. Cuore di Roma, nelle stesse condizioni di funzionamento dell'impianto e nelle stesse posizioni nelle quali erano stati effettuati i rilievi precedenti. I risultati ottenuti in questa seconda indagine sono sintetizzati nelle Tab. 2A, 2B, 2C.

TABELLA 2A

## Centrale di spinta "A"

POSIZIONE DELLA MISURA	d B (lin)	d B (A)	d B (B)	d B (C)	Note
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P1 - tra questo e la parete . . . . .	94	89	92	93	<i>In marcia:</i> - pompa centrifuga P1
	98	93	95	97	
In mezzo alle due pompe centrifughe P1-P2 . . . . .	96	93	94	95	- pompa centrifuga P2
					<i>Ferma:</i> - pompa centrifuga P3 - pompa centrifuga P4
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P2 - tra questo e la parete . . . . .	97	93	96	97	
In mezzo alle due pompe centrifughe P2-P3 . . . . .	97	96	97	97	
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P3 - tra questo e la parete . . . . .	95	91	93	94	
Tra la parete e la pompa centrifuga P3 . . . . .	94	91	93	94	
Vicino alla pompa centrifuga . . . . .	94	92	94	94	
Vicino alla pompa centrifuga P4 . . . . .	97	94	96	97	<i>In marcia:</i> - pompa centrifuga P1 - pompa centrifuga P2 - pompa centrifuga P4

TABELLA 2B

## Centrale di spinta " B "

POSIZIONE DELLA MISURA	d B (lin)	d B (A)	d B (B)	d B (C)	Note
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P3 - tra questo e la parete . . . . .	99	95	97	98	<i>In marcia:</i> - pompa centrifuga P2
In mezzo alle pompe centrifughe P2 e P3 . . . . .	99	96	97	98	- pompa centrifuga P3
					<i>Ferme:</i> - pompa centrifuga P1
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P2 - tra questo e la parete . . . . .	98	95	97	98	- pompa centrifuga P4
In mezzo alle pompe centrifughe P1 e P2 . . . . .	98	96	97	98	
Vicino al motore della pompa centrifuga P1 nella posizione dell'addetto alla manutenzione . . . . .	97	94	96	97	

TABELLA 2C

## Centrale di spinta " C "

POSIZIONE DELLA MISURA	d B (lin)	d B (A)	d B (B)	d B (C)	Note
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P3 - tra questo e la parete . . . . .	97	93	95	97	<i>In marcia:</i> - pompa centrifuga P2
In mezzo alle pompe centrifughe P2 e P3 . . . . .	97	95	96	97	- pompa centrifuga P3
					<i>Ferme:</i> - pompa centrifuga P1
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P2 - tra questo e la parete . . . . .	97	92	95	97	- pompa centrifuga P4
In mezzo alle pompe centrifughe P1 e P2 . . . . .	97	93	95	97	
A circa 1 m dal motore della pompa centrifuga P1 - tra questo e la parete . . . . .	95	92	94	95	
Vicino alla pompa centrifuga P4 . . . . .	96	92	94	96	

*Centrale A.* — Si è ottenuta una riduzione di circa 14–15 dB(A) a circa 1 m dai motori delle pompe in marcia. Riduzioni minori si sono verificate nelle posizioni in mezzo alle pompe, fatto, questo, giustificato dall'influenza del rumore proveniente dai giunti di accoppiamento e dalle pompe stesse. È da tener presente che nella prima indagine la P4 era ferma, nella seconda era in marcia (Tab. 1A e 2A).

*Centrale B.* — Anche in questa centrale si è ottenuta una riduzione di 14–15 dB(A) a circa 1 m dai motori delle pompe in marcia (Tab. 1B e 2B).

*Centrale C.* — Si sono riscontrati valori pressoché uguali nelle due indagini e questo è ovvio in quanto anche nella prima indagine le misure sono state effettuate con i due motori delle pompe in esercizio già insonorizzati (Tab. 1C e 2C).

Alla luce dei risultati ottenuti la Direzione della SNAM Settore Oleodotti ha programmato l'insonorizzazione di tutti i motori installati nelle varie centrali di spinta degli oleodotti in esercizio in Italia.

Gli Autori ringraziano la Direzione del Settore Oleodotti della SNAM per la fattiva collaborazione loro accordata.