

Patologia da lavoro in un'industria farmaceutica adibita alla produzione di antibiotici

A. MESSINEO (a), G. CARLESÌ (a), E. PACELLI (a), A. TODARO (a), C. MELINO (b), E. FERREA (c) e G. PULTRONE (d)

- (a) Ente Nazionale Prevenzione Infortuni, Sede di Roma;
(b) Cattedra di Medicina del Lavoro, Università degli Studi, L'Aquila;
(c) Clinica Dermatologica, Università degli Studi, Roma;
(d) Divisione Ginecologica, Ospedale Civile, Minturno

Riassunto. — Vengono esposti dati ambientali e clinici ottenuti nel corso di una indagine interdisciplinare condotta in una piccola industria farmaceutica. Le condizioni di rischio erano rappresentate da elevato inquinamento ambientale da polveri di antibiotici: i soggetti esposti hanno presentato alterazioni a carico dell'apparato respiratorio, ma soprattutto positività ai test allergologici e fenomeni di dismicrobismo in percentuale più elevata rispetto ai non esposti. Tali dati, insieme alla presenza di una eliminazione urinaria degli antibiotici, testimoniano l'inadeguatezza delle misure di prevenzione adottate.

Summary (Work Diseases in Pharmaceutical Industry Devoted to Antibiotic Production). — *Environmental and clinical data obtained during an interdisciplinary survey in a small pharmaceutical industry are stated. The hazard factors were represented by a marked environmental pollution caused by antibiotic powders: the exposed subjects showed disturbances of respiratory function, positivity to allergologic skin tests and alterations of the physiologic bacterial flora in a higher rate than non-exposed subjects, thus confirming the inadequacy of the preventive measures which were adopted.*

In uno stabilimento farmaceutico della Provincia di Roma, ove veniva effettuato confezionamento ed incapsulamento di specialità medicinali contenenti amoxicillina, cefradina, defalexina, cefuroxina ed ampicillina, è stata condotta una indagine interdisciplinare allo scopo di evidenziare i fattori di inquinamento ambientale ed una indagine medica sul personale, costituito da 45 soggetti di cui 35 di sesso femminile.

MATERIALI E METODI.

Per quanto riguarda l'indagine chimica, sono stati effettuati prelievi ambientali utilizzando una linea di prelievo per polveri costituita da una pompa elettromagnetica aspirante con flusso di 16 l/m, contatore volumetrico a secco, filtro a membrana (\varnothing 47 mm \varnothing pori 0,45) in esteri di cellulosa. Si è inoltre utilizzato un coni-

metro Sartorius per le misurazioni della concentrazione numerica delle polveri aerodisperse in determinate fasi di lavoro, ed un apparecchio rilevatore di gas Dräger 21/31 con fialette reattive a colorimetria di lunghezza.

Le concentrazioni ponderali delle polveri sospese sono state successivamente determinate con metodo gravimetrico. Sulle polveri composte da silicati è stato eseguito il dosaggio della silice libera per diffrattometria a raggi X integrata da analisi microscopica in contrasto di fase.

Per quanto riguarda l'indagine medica, sono stati sottoposti a visita medica, prove di funzionalità respiratoria (utilizzando uno spirometro a circuito chiuso tipo NRA-Nonius con determinazione della CV, VR, CT, VEMS, Indice di Enfisema e Tiffenau, FEF 25-75), prove allergologiche con patch test e prick test (con soluzioni di allergene allo 0,05-0,5 ed 1 % nel primo caso e all'1 % in soluzione fisiologica nel secondo caso). 22 soggetti esposti con età media di 29 anni circa ed anzianità lavorativa media di circa 3 anni, e 23 lavoratori impiegati in attività che non comportavano rischio di assorbimento di polveri medicinali. Nei soggetti di sesso femminile, sono stati effettuati accertamenti ginecologici costituiti da striscio vaginale batterico e colturale.

In due lavoratori che operavano in condizioni di rilevante inquinamento da polveri, si è determinata la concentrazione urinaria dell'antibiotico in produzione (amoxicillina) per verificare l'idoneità dei sistemi di abbattimento e dei mezzi personali di protezione usati. La determinazione urinaria dell'antibiotico è stata effettuata secondo una già sperimentata metodica [1], su campioni di urine prelevati in azienda all'inizio, durante ed al termine del lavoro.

RISULTATI.

I dati ottenuti nel corso dell'indagine ambientale hanno mostrato l'esistenza di un grave fenomeno d'inquinamento da polveri particolarmente in un reparto

ove avveniva il mescolamento dei preparati, l'incapsulamento ed il blisteraggio, ed ove pure erano in funzione macchine compresse e granulatori. Sono infatti state rilevate concentrazioni medie di 7,2-7,5 mg/m³ in prossimità delle macchine miscelatrici ed incapsulatrici, raggiungendosi anche valori di polverosità di 55-141 mg/m³ nel corso di alcune particolari operazioni come il carico e lo scarico delle macchine, per l'irrazionale sistema usato e per l'inesistenza di fonti di aspirazione localizzata. Nel corso delle operazioni di pulizia, svolte mediante getti di aria compressa, si determinavano concentrazioni di polveri antibiotiche superiori a 10 mg/m³ (Tab. 1).

Per quanto riguarda l'indagine medica, venivano denunciati all'anamnesi disturbi compatibili con fenomeni allergici (prurito e bruciore oculare, crisi bronco-asmatiche, eruzioni cutanee, ecc.) con maggior frequenza

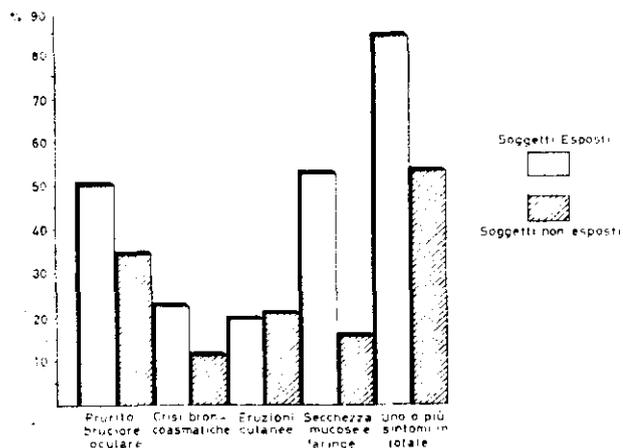


FIG. 1

e gravità dai soggetti esposti a polveri rispetto ai non esposti; per quanto riguarda i test allergologici, vi è stata una risposta positiva per gli antibiotici testati (cefalexina, ampicillina e cefradina) in 12 soggetti su 45 esaminati complessivamente (26,7%), tutti attualmente o in precedenza adibiti ad attività che comportavano contatto con polveri medicinali (Fig. 1, 2).

Nel 13,3% degli esaminati vi era coincidenza tra comparsa di deficit respiratori ostruttivi o ectasianti, anamnesi e positività dei test allergologici, mentre nel 6,6% dei casi coincideva solamente la presenza di sindromi disfunzionali respiratorie e positività dei test e nel 26,6% dei lavoratori si rilevava cutinegatività per gli antibiotici testati in presenza di sindromi disventilatorie ed anamnesi positiva per affezioni allergiche (Fig. 3).

Per quanto riguarda i disturbi respiratori, evidenziati nel 50% dei lavoratori esaminati, sono stati evidenziati in prevalenza deficit di tipo ectasiante nei fumatori

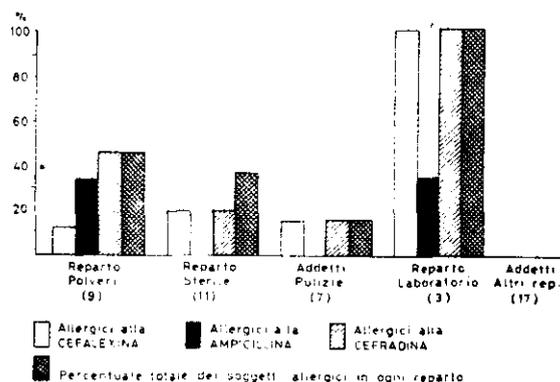


FIG. 2

Tabella 1. - Riassunto indagine ambientale.

POSTO DI LAVORO	Concentrazione ponderale inquinanti mg/m ³	Natura delle polveri	Note
Reparto polveri:			
Comprimitrice Ronchi	11,400	Ac. oxolinico, amido, stearato Mg, talco, carbossimetilcellulosa.	Durante produz. Chemioterapico urinario.
Incapsulatrice Zanasi	7,200	Amoxicillina, stearato Mg, Stearato Nay, talco.	
Incapsulatrice Zanasi	10,800	Amoxicillina, stearato Mg, Stearato Nay, talco.	Pulizia fine turno.
Miscelatore Viani	55,400	Ac. oxolinico, amido, sterato Mg, talco, carbossimetilcellulosa.	Durante carico e scarico miscelatore.
Granulati-Miscelatore Condor ..	141,000	Sulfametossazolo, Trimeto - prim, amido, stearato Na, lattosio.	Carico e scarico miscelatore.
Granulati-Setacciatore Alexander..	3,300	Vincamina, lattosio, amido, stearato Mg.	
Miscelatore Viani	7,500	Vincamina, lattosio, amido, stearato Mg.	
Macchina riempitrice Tappi	65,000	Amoxicillina, stearato Mg.	
Reparto Cosmetici:			
Pressa Kemwall	0,005	Caolino, talco, ombretto grigio, stearato Mg, ossidi Fe.	
Miscelatore Mambretti	0,020	Caolino, talco, ombretto grigio, stearato Mg, ossidi Fe.	

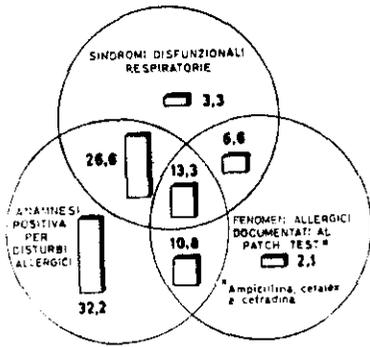


FIG. 3

(36,4 % contro il 10,5 % dei non fumatori) mentre nessuna significativa differenza in termini percentuali è stata notata tra soggetti non fumatori esposti rispetto ai non esposti, risultando solamente più elevata la percentuale di sindromi disventilatorie nei fumatori che operavano in reparti a rischio rispetto ai meno esposti (sia fumatori che non fumatori).

L'eliminazione urinaria dell'antibiotico determinata nei lavoratori addetti nei reparti igienicamente più carenti, ha mostrato un andamento caratteristico, coincidente con la crescente esposizione nell'arco di un turno di lavoro e di entità rilevante (con picco massimo di 43 γ /ml alle ore 14 e minimo di 0,7 γ alle ore 8) (Fig. 4).

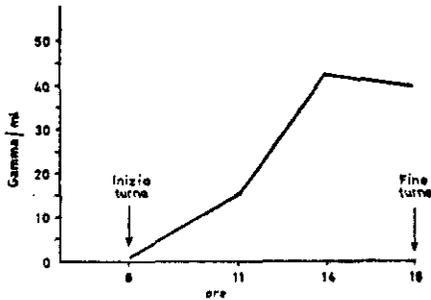


FIG. 4

Gli esami colturali e gli strisci vaginali hanno infine mostrato una più elevata positività per *B. Coli*, enterococco e *Proteus* nelle lavoratrici esposte rispetto alle impiegate amministrative che lavoravano in assenza di rischio (Fig. 5).

CONCLUSIONI.

Nei lavoratori della piccola industria esaminata, esposti ad elevate concentrazioni di polveri antibiotiche, il monitoraggio biologico costituito dalla determinazione urinaria degli antibiotici ha permesso di quantificare l'esposizione al rischio e di verificare l'ineadeguatezza dei presidi tecnici di prevenzione. Sono stati evidenziati nel personale fenomeni allergici e dismicrobismi genitali in percentuale più elevata negli esposti al rischio rispetto agli impiegati che operavano in migliori condizioni igieniche. Tali alterazioni, già segnalate in altre indagini [2-5] e ricerche in questo settore industriale, testimoniano in definitiva la necessità di adottare un ciclo lavorativo di tipo chiuso nelle industrie farmaceutiche adibite alla preparazione di polveri e sostanze medicinali.

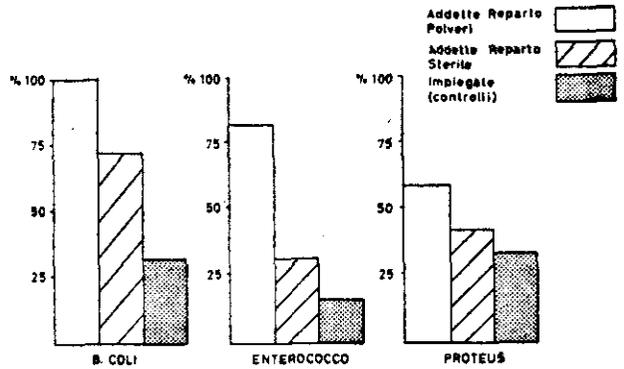


FIG. 5

BIBLIOGRAFIA

1. CARLESI, G., FERREA, E., MELINO, C., MESSINEO, A. & PACELLI, E. 1979. *Nuovi Annali d'Igiene e Microbiologia*. **30** (2).
2. ALESSIO, L., BANDERALI, S. & FARINA, G. 1976. *Med. Lav.* **67** (3).
3. CARNEVALE, F., VALSECCHI, M. & GRAZIOLI, D. 1977. *Lavoro Umano*. **29** (1).
4. CIRLA, A.M., NAVA, C., SALA, C. & ZEDDA, S. 1976. *Med. Lav.* **67** (5).
5. FARINA, G., DE MICHELI, P., BASSO, P., CASTELLI, P., LOCATI, G. & SECCHI, G. 1977. *Med. Lav.* **68** (3).
6. KOSMIDIS, J., WILLIAMS, J.D. ANDREWS, J., GOODALL, J. & GEDDES, A. 1972. *Br. J. Clin. Pract.* **26** (314).

Rischi da esposizione a benzina negli addetti a depositi di carburanti

F. VINCI, G. FABRI, G. BRANDI e V. DI DONNA

Istituto di Medicina del Lavoro, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Riassunto. - Gli autori nel corso di una indagine clinico-epidemiologica in un deposito di carburanti, di cui forniscono anche i dati ambientali, hanno trovato una aumentata incidenza di alterazioni delle transaminasi e della γ -GT nei gruppi maggiormente esposti a benzina. Discussione dei risultati.

Summary (Risk from Vapour Exposures in Workers of Petrol Deposits). - The authors have found during their clinical study in petrol deposit (they supply also the environmental monitoring data), an increased incidence of hepatic enzymes (*S*-GOT, *S*-GPT, γ -GT) alterations in the more exposed worker groups. Results are discussed.

INTRODUZIONE.

Abbiamo valutato dal punto di vista clinico-epidemiologico il rischio da esposizione ai vapori di idrocarburi negli addetti ad un deposito di combustibili derivati dal petrolio (essenzialmente benzina). Ciò acquista interesse in relazione alla recente reintroduzione, tra le proposte di cambio del 1981, di un TLV per la benzina da parte degli Igienisti Industriali Americani, dopo che era stato abbandonato dal 1967.

Il limite attualmente proposto è di 300 ppm (o 900 mg/m³) per il TWA e di 500 ppm (o 1500 mg/m³) per lo STEL. Tale limite si basa su recenti esperienze, tra cui ricordiamo quelle di McDermott e Coll. [1] e di Runion [2, 3], fondate sullo studio della composizione globale, non solo relativa al benzene, di numerosi tipi di benzina.

Altro motivo di interesse è fornito dai lavori recentemente pubblicati miranti da un lato a quantizzare il rischio di esposizione a benzina negli addetti allo smistamento delle stesse [4, 5], dall'altro a chiarire gli effetti tossici dei derivati del petrolio, indipendentemente dal rischio di benzolismo, specialmente sul metabolismo epatico e sull'induzione enzimatica [6].

MATERIALI E METODI.

Popolazione esaminata. - Abbiamo esaminato 184 soggetti addetti ad un deposito di benzine (età media $39,72 \pm 8,15$ anni; anzianità lavorativa media $11,34 \pm 6,12$ anni), conformi per abitudini alimentari e uso di bevande alcoliche, suddivisi in vari gruppi omogenei

per rischio lavorativo (Tab. 1). Il gruppo degli impiegati amministrativi, sicuramente non esposto al rischio, fu preso come campione di controllo. I gruppi esposti al rischio sono stati ricontrollati a distanza di due anni.

Gli accertamenti effettuati miravano soprattutto ad evidenziare un eventuale interessamento epatico o della crisi ematica ed eventuale elevato assorbimento di piombo.

Entità dell'esposizione a vapori di benzina. - Già dall'osservazione diretta dell'attività lavorativa apparve evidente che le mansioni di movimentazione dei carburanti (avioifornitori e rifornitori di autocisterne) comportavano un rischio elevato di esposizione, superiore a quello degli altri gruppi. I rilievi ambientali sono stati effettuati nello stesso periodo dell'indagine sanitaria (seconda metà del 1979) per verificare la concentrazione di idrocarburi totali in corrispondenza di alcune posizioni lavorative. I risultati di questa indagine sono oggetto di un'altra comunicazione [7], a cui si rimanda. Qui riportiamo solo una sintesi dei valori riscontrati in corrispondenza degli addetti alle pensiline di carico, tenendo presente che si riferiscono all'intero periodo di esposizione.

Media dei valori ottenuti espressi in ppm come metano:

a) durante il caricamento della benzina dall'alto e a ciclo aperto: 1601 ppm;

b) durante il caricamento dal basso e a ciclo chiuso: 566 ppm;

c) in prossimità delle pensiline, quando in nessuna corsia vi erano autocisterne in caricamento: 41 ppm;

d) in prossimità delle pensiline, mentre avveniva il caricamento nelle corsie vicine (sia a ciclo aperto che chiuso): 862 ppm.

Rilievi effettuati nei locali amministrativi: < 25 ppm, sia con operazione di caricamento in corso nel piazzale, che no.

Notiamo che il caricamento dal basso comporta minore esposizione a vapori di benzina (in accordo con Irving e Coll. [5]) e che, nel deposito in oggetto, al momento della prima indagine sanitaria, questo tipo di caricamento era stato intrapreso da poco.

RISULTATI OTTENUTI E COMMENTO.

Nella Tab. 1 riportiamo, per ogni gruppo esaminato, la distribuzione percentuale dei soggetti con interessamento epatico e l'indicazione di significatività (mediante il test X^2) rispetto al gruppo di controllo. Poiché interessava evidenziare una prevalenza di tutte quelle alterazioni che potessero far pensare ad un interessamento epatico nella popolazione esposta, abbiamo considerato positivi tutti i soggetti con almeno uno dei tre enzimi al di sopra dei limiti normali ed inoltre abbiamo considerato isolatamente l'alterazione della γ -GT sulla base dei risultati di Harman e coll. [6], già citati.

Dall'esame della tabella risultano differenze significative rispetto al controllo per i gruppi degli addetti alla movimentazione (aviorifornitori e rifornitori di autocisterne) e per i meccanici, sia con i tre enzimi considerati complessivamente che con la sola γ -GT. Mentre i risultati relativi agli addetti alla movimentazione si possono considerare, alla luce dei dati ambientali, come correlati con l'esposizione lavorativa, di più difficile interpretazione sono quelli relativi ai meccanici. Questi infatti oltre ad essere esposti a vapori di benzina durante le riparazioni (specialmente dei vecchi gruppi

meccanici di erogatori per carburanti), eseguono anche le operazioni di verniciatura dei gruppi stessi.

Con i valori ottenuti a distanza di due anni — nella casistica abbiamo compreso solo i soggetti che erano già stati controllati in precedenza — si nota che tra i rifornitori di autocisterne vi è una sensibile riduzione della percentuale di soggetti con alterazioni. Ciò può essere interpretato considerando che le modifiche introdotte nel caricamento della benzina, se effettuate con tecnologia corretta, sono state senza dubbio utili alla salute dei lavoratori.

Infine un breve cenno agli altri accertamenti compiuti.

La crasi ematica è risultata quasi sempre nei limiti in tutti i gruppi, mai comunque sotto i livelli raccomandati nella sorveglianza ematologica degli esposti a benzene.

Anche i valori di Piombemia e di Acido δ -aminovulinico urinario nonché di Zincoprotoporfirina eritrocitaria sono risultati in tutti i gruppi, tranne casi sporadici, entro i limiti considerati, non prospettandosi quindi un rischio di intossicazione da Piombo. Ciò è in parte in disaccordo con quanto trovato da alcuni autori, i quali però si riferivano a lavoratori esposti a benzine per attività diverse da quella qui considerata (v. ad esempio Moore e coll. [8]).

Tabella 1. - Distribuzione percentuale di alterazioni epatiche nei gruppi omogenei considerati.

GRUPPI	N.	Età media	Anz. lav. media	Anno 1979			Anno 1981	
				% con GOT, GPT, γ -GT alterate	% con γ -GT alterata	Test X^2 con il gruppo controllo	% con GOT, GPT, γ -GT alterate	% con γ -GT alterata
Aviorifornitori	31	45,91 (\pm 7,80)	13,42 (\pm 7,34)	38,70	29,03	<0,05	45,16	35,48
Rifornitori di autocisterne	27	32,88 (\pm 7,04)	7,31 (\pm 4,54)	44,44	29,62	<0,05	25,29	14,81
Autisti chilolitristi	26	45,20 (\pm 7,23)	16,24 (\pm 7,60)	30,76	23,07	n.s.	46,35	38,43
Addetti alle cisterne e impianti darsena	23	38,79 (\pm 9,04)	11,22 (\pm 5,14)	30,13	17,39	n.s.	13,04	26,08
Meccanici	24	37,22 (\pm 5,35)	10,50 (\pm 3,10)	45,83	33,33	<0,05	50,00	37,50
Impiegati amministrativi	53	39,13 (\pm 10,63)	12,61 (\pm 8,38)	15,09	9,43	—	—	—
Test X^2 fra tutti i gruppi	—	—	—	n.s.	n.s.	—	—	—

BIBLIOGRAFIA

- McDERMOTT, H.J. & KILLIANY, S.E. 1978. Quest for a gasoline TLV. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* **39**: 110-117.
- RUNION, H.E. 1975. Benzene in gasoline. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* **36**: 338-350.
- RUNION, H.E. 1977. Benzene in gasoline II. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* **38**: 391-393.
- PHILLIPS, C.F. & JONES, R.K. 1978. Gasoline vapor exposure during bulk handling operations. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* **39**: 118-128.
- IRVING, W.S. & GRUMBLES, T.G. 1979. Benzene exposure during gasoline loading at bulk marketing terminals. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* **40**: 468-473.
- HARMAN, A.W., FREWIN, D.B. & PRIESTLY, B.G. 1981. Induction of microsomal drug metabolism in man and in the rat by exposure to petroleum. *Br. J. Ind. Med.* **38**: 91-97.
- CECCHETTI, G., LAURINI, C., MARSILI, R., PAOLELLI, C., PORCELLI, D. & VENDRAMIN, G. 1981. L'esposizione a vapori di idrocarburi totali degli addetti al carico di autocisterne in impianti a ciclo chiuso e a ciclo aperto. *Ann. Ist. Super. Sanità.* **18** (suppl.): 1003-1006.
- MOORE, P.J., PRIDMORE, S.A. & GILL, G.F. 1976. Total blood lead levels in petrol vendors. *Med. J. Aust.* **1**: 438-440.

**VI. INTERVENTI DI BONIFICA
NEGLI AMBIENTI DI LAVORO**

Comunicazioni

La prevenzione dell'inquinamento negli ambienti di lavoro: l'impiego della simulazione analogica nella definizione degli interventi specifici di disinquinamento

P.P. GADDO, A. MONTE, F. REPETTO ed E. VERCELLOTTI

Fiat S.p.A.

Riassunto. - Viene illustrato l'impiego della simulazione analogica in alcuni interventi di disinquinamento come: l'ottimizzazione degli impianti di termoventilazione a bocchette; la captazione di effluenti da vasche galvaniche; la ventilazione di una sala prova motori; la valutazione delle modalità di espulsione dell'aria inquinata per prevenire il riciclo esterno.

Summary (Prevention of Pollution in Work Environments: the Use of the Analogue Simulation in the Definition of the Specific Interventions of Depollution). - *The use of the analogue simulation is shown in a few interventions of depollution such as: optimization of inlet thermoventilation system; collection of effluents from galvanic bath tanks; ventilation of an engine test room; evaluation of the modalities of ejecting the polluted air in order to prevent the external recycle.*

INTRODUZIONE.

Negli ultimi anni, sono stati sempre più approfonditi gli studi volti a individuare le condizioni ottimali del riscaldamento e della ventilazione negli ambienti industriali, specie nei grandi stabilimenti.

Ciò per i seguenti motivi fondamentali:

- le sempre maggiori e più sentite esigenze di assicurare un livello di qualità dell'aria accettabile;
- la ricerca rigorosa e attenta di risparmi energetici.

Gli studi suddetti sono in genere condotti considerando i movimenti (di insieme e localizzati) dell'aria negli ambienti di lavoro, le condizioni di turbolenza ed i parametri termici di progetto: è così possibile definire da una parte l'efficacia dell'asportazione degli inquinanti, dall'altra la diluizione necessaria degli effluenti non captati.

D'altra parte, va detto chiaramente che molti impianti di termoventilazione attualmente in esercizio risultano piuttosto carenti sotto i punti di vista sopra citati. Del resto, tale stato di cose è comprensibile; la realizzazione degli impianti esistenti risale ad anni in cui i problemi ambientale ed energetico non erano sentiti come oggi ed i progettisti degli impianti di termoventilazione non disponevano di criteri collaudati per l'individuazione

delle condizioni ottimali di funzionamento degli impianti stessi.

Gli studi avviati negli anni scorsi tendono a colmare tale lacuna ed a fornire gli elementi indispensabili per una corretta e razionale progettazione degli impianti di termoventilazione. Fra gli strumenti e le metodologie sviluppati dai vari sperimentatori, la tecnica che — a parere di chi scrive — più si è affermata è quella della simulazione su modelli fisici in scala ridotta ed in particolare la simulazione idraulica dei fenomeni aerologici che si verificano negli ambienti di lavoro. Ciò è dovuto ai seguenti motivi: il livello di precisione dei risultati sperimentali ottenibili e la versatilità del metodo nel riprodurre analogicamente le più complesse fenomenologie dinamiche e termiche delle masse d'aria. La presente memoria, richiamati i principi informatori di tale tecnica, si propone di evidenziare i problemi più significativi che la modellazione idraulica consente di approfondire e risolvere.

LA METODOLOGIA.

Com'è noto, le condizioni necessarie e sufficienti perché si verifichi la simulazione analogica fra un sistema naturale e un modello in scala, sono basate sulle relazioni di omogeneità dimensionale delle leggi fisiche del fenomeno in esame. Da esse possono essere ricavati gli argomenti adimensionali sui quali impostare la modellazione: si tratta dei parametri caratteristici della meccanica dei fluidi e dei processi termodinamici. Nella simulazione che qui interessa, le condizioni di similitudine fisica implicano essenzialmente la conservazione di numeri di Reynolds per quanto riguarda le condizioni di moto dei fluidi, e dei numeri di Richardson (o di Froude) densimetrici per gli effetti di stratificazione termica delle masse d'aria e sul moto di getti o di pennacchi a temperatura diversa da quella del fluido circostante.

Dal punto di vista operativo, la simulazione viene normalmente condotta in acqua dolce, con opportune immissioni di acqua salata (più pesante) o di miscela acqua-alcool (più leggera) colorate al fine di visualizzare il comportamento e contenenti appositi traccianti:

Le vasche sono strumentate per misure simultanee di velocità, turbolenza, densità, portata e concentrazione (o diluizione) dei traccianti.

APPLICAZIONI SPECIFICHE.

Si riportano di seguito alcuni esempi di applicazione della simulazione idraulica per la soluzione di problemi specifici riscontrati in alcuni insediamenti industriali.

Ottimizzazione di impianti di termoventilazione a bocchette. - Gli impianti di termoventilazione hanno, com'è noto, il duplice scopo di mantenere buone condizioni microclimatiche nell'ambiente di lavoro mediante apporto o sottrazione di energia termica e diluire gli effluenti inquinanti presenti nell'ambiente stesso. Ottimizzare questo tipo di impianti significa, quindi, porsi due obiettivi essenziali:

- 1) migliorare l'uniformità della distribuzione degli effluenti presenti nell'ambiente di lavoro, utilizzando al meglio l'effetto diluente dell'aria immessa;
- 2) limitare le differenze di temperatura tra i vari punti del fabbricato e soprattutto le stratificazioni verticali di temperatura, umidità, fumi e polveri durante il periodo invernale.

Gli studi sperimentali condotti su un modello analogico di una zona di un fabbricato industriale, hanno portato alla formulazione di raccomandazioni progettuali che consentiranno ai nuovi impianti di termoventilazione una maggiore efficacia nell'ottica degli obiettivi sopracitati. In particolare le valutazioni sperimentali hanno consentito di evidenziare che:

- 1) le modalità di immissione dell'aria influenzano notevolmente il *mixing* dell'aria ambiente e quindi l'omogeneità della diluizione degli effluenti presenti nell'ambiente di lavoro: così, è stato messo a punto un particolare accorgimento per l'immissione dell'aria, capace di migliorare del 25 ÷ 30 % la uniformità della diluizione rispetto ai sistemi di immissione correntemente impiegati;
- 2) l'altezza delle estrazioni di aria non ha praticamente influenza sulla dispersione degli inquinanti nell'ambiente di lavoro.

Captazione di effluenti da vasche galvaniche. - Una seconda applicazione del metodo di simulazione idraulica ha riguardato la captazione dei vapori nocivi prodotti dalle vasche galvaniche durante il normale ciclo operativo. Il fine era quello di definire le modalità della completa estrazione di tali vapori dall'ambiente di lavoro, minimizzando contemporaneamente la portata d'aria di aspirazione. A tale scopo è stata presa in considerazione una vasca avente le dimensioni correntemente adottate per gli impieghi di questo genere e si sono comparativamente considerati alcuni possibili sistemi di ventilazione. I risultati ottenuti dal modello hanno evidenziato che il sistema che prevede l'estra-

zione lungo uno dei lati maggiori e l'immissione lungo l'altro (sistema *push-pull*), consente di raggiungere la completa captazione degli effluenti con la minima movimentazione di aria, anche in presenza di movimenti dell'aria nell'ambiente.

Ventilazione di una sala prova motori. - La necessità di ottimizzare la movimentazione dell'aria nelle sale prova motori è motivata dall'esigenza di risolvere i problemi igienico-ambientali connessi con la presenza di:

- gas di scarico e idrocarburi dovuti a trafile e fughe;
- flussi di aria calda provenienti dai motori in prova.

Si sono prese in considerazione alcune ipotesi di soluzione impiantistica, la cui efficacia è stata sperimentata mediante simulazione analogica. L'analisi dei risultati ha evidenziato che per evitare dispersioni degli inquinanti nell'ambiente, è necessario:

- 1) realizzare un sistema di aspirazione dal basso nel caso di motore funzionante a freddo (tale sistema è sufficiente per trascinare tutti i gas inquinanti verso il basso);
- 2) nel caso di motore funzionante a caldo, realizzare oltre all'aspirazione di cui al punto precedente — un sistema di immissione aria dall'alto: ciò al fine di contrastare il moto ascensionale dell'aria calda che trascina gli inquinanti presenti disperdendoli nell'ambiente.

Valutazione delle modalità di espulsione dell'aria inquinata per prevenire il ricircolo esterno. - In particolari condizioni climatiche, la presenza contemporanea di emissioni in atmosfera e di prese di aria per l'immissione in ambiente può determinare una parziale reimmissione dei gas espulsi senza che questi abbiano subito una sufficiente diluizione. Tale situazione è spesso riscontrabile nel caso dei reparti di verniciatura: qui, infatti le emissioni contengono sostanze organiche con livelli di soglia olfattiva piuttosto bassi, per cui, in particolari condizioni impiantistiche e climatiche può accadere che i fumi espulsi dai forni di cottura vernici vengano ripresi dalle aspirazioni delle cabine in quantità tali da provocare sensazioni odorose all'interno delle stesse. Al fine di ricavare indicazioni atte a prevenire tale fenomeno, è stato realizzato il modello di un reparto verniciatura, riportando gli elementi strutturali ed impiantistici aventi influenza sulla espulsione dei gas e sulle riprese di aria.

La simulazione ha evidenziato che:

- 1) in assenza di vento, non si hanno fenomeni di ricircolo, nell'ambiente di lavoro, degli inquinanti emessi dai camini;
- 2) in presenza delle condizioni meteorologiche caratteristiche della località in cui il reparto di verniciatura studiato sul modello sarà effettivamente costruito (vento proveniente da Nord-Ovest con velocità di 40 km/h), un camino di altezza adeguata consente di evitare il superamento della soglia olfattiva all'interno dell'ambiente di lavoro.

Bonifica ambientale in un'officina grandi riparazioni delle Ferrovie dello Stato e riduzione di esposizione all'asbesto

G. CECCHETTI (a), M. GOVERNA (b), A. MARCONI (c) e A. SERIO (d)

- (a) Istituto di Medicina del Lavoro, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma;
(b) Istituto di Medicina del Lavoro, Università degli Studi, Ancona;
(c) Istituto Superiore di Sanità, Roma;
(d) Servizio Sanitario delle Ferrovie dello Stato, Roma

Riassunto. - In alcuni tipi di locomotori la coibentazione delle lamiere delle cabine di guida costituite da amianto spruzzato (per lo più crocidolite) rappresenta un fattore di rischio per gli addetti alle riparazioni. I rilevamenti hanno mostrato una ampia variabilità di concentrazione di fibre ed in alcuni casi concentrazioni elevate, anche se per brevi tempi di esposizione. Da ciò la necessità di interventi migliorativi che sono stati mirati alla riorganizzazione del lavoro e alla realizzazione di un idoneo ambiente per l'esecuzione delle riparazioni. Ne è derivata una riduzione delle concentrazioni delle fibre aerodisperse intorno a 0,2 ff/cc (pari al limite TLV per esposizione di 8 ore al giorno, per 5 giorni alla settimana, per una vita lavorativa), che si ritengono valori di sicurezza dal momento che l'esposizione annuale dei singoli lavoratori è limitata a brevi saltuari periodi separati da ampi intervalli di attività in atmosfera non contaminata. Nell'esecuzione dei rilevamenti si è utilizzato il metodo AIA, con un confronto anche con un analizzatore automatico di fibre (FAM).

Summary (Environmental Improvement in a Big Repair Shop of State Railway and Reduction of Exposure to Asbestos). - In some type of locomotives the insulation of operating cab sheets made of sprayed asbestos (mostly crocidolite) is a risk factor for the workers. Measurements showed a wide variability of fibre concentration and in some cases high concentrations, even if for short-term exposure. Hence the need of improving interventions aimed at the reorganization of work and realization of a suitable work environment for carrying out repairs. It followed a reduction of air-borne fibre concentrations of about 0.2 ff/cc (equal to TLV limit for 8 hr daily exposure, for 5 days a week, for a working life) that are considered safety values as the annual exposure of every worker is limited to short irregular periods separated by long intervals of work in a not contaminated atmosphere. In performing measurements the AIA method was used, compared also with an automatic fibre analyzer (FAM).

Ad intervalli di tempo e/o di percorrenza prefissati ogni locomotore ferroviario entra in una « officina di grandi riparazioni » per una revisione completa, du-

rante la quale tutte le varie componenti (elettriche e meccaniche) sono controllate ed eventualmente riparate o sostituite, come pure per ristrutturazione.

Alcuni tipi di locomotori hanno cabine di guida parzialmente coibentate con amianto spruzzato, per lo più crocidolite.

Si è valutata l'entità del rischio per operai « lamieristi-pannellisti » addetti alla revisione, quando compiono riparazioni su lamiere delle cabine coibentate. L'indagine si è svolta in una officina grandi riparazioni dove nell'anno 1979 sono state praticate riparazioni di lamiera coibente da parte di 5 gruppi di pannellisti-lamieristi; ciascun gruppo ha lavorato da 6 a 14 giorni, ma con limitata esposizione giornaliera allo specifico rischio.

METODI.

Per la misura della concentrazione atmosferica di fibre di amianto si è seguito il metodo AIA-CEE sia per i prelievi che per le analisi. Si sono usati campionatori personali Dupont 2500 a flusso costante anche in posizioni fisse, riferibili al centro ambiente, laddove il prelievo era ritenuto significativo, come nell'interno di cabine di guida. Le operazioni lavorative hanno comportato tempi di prelievo vari da 10 a 60 min così da essere rappresentativi di una intera fase di lavoro, ma anche tali da permettere una ottimale densità di fibre per campo di lettura al microscopio. Parallelamente ai prelievi con filtri a membrana, se ne sono effettuati con Fibrous Aerosol Monitor (FAM), strumento capace di determinare automaticamente la concentrazione numerica di fibre. Nel FAM il flusso di aria prelevato viene esposto ad un fascio parallelo di luce monocromatica e ad un campo elettrico rotante di alta intensità; quest'ultimo allinea le fibre presenti nell'aria perpendicolarmente all'asse maggiore del flusso aereo e ne determina una continua oscillazione. Ciascuna fibra oscillando diffonde in modo caratteristico la luce da cui è colpita; questa luce diffusa viene raccolta da un fotomoltiplicatore che amplifica il segnale; questo viene infine,

opportunamente trasformato così da esprimere la concentrazione numerica delle fibre in modo digitale o con registrazione continua su stampante [1].

Ciclo lavorativo prima della bonifica. - Il locomotore, dopo sverniciatura chimica delle pareti esterne, veniva trasferito in un'area dell'officina non particolarmente delimitata. Le lavorazioni di riparazione consistevano nello smantellamento del banco di servizio e nel taglio delle lamiera. Entrambe queste operazioni, le prime svolte all'interno della cabina, le seconde all'esterno, comportavano l'impiego di fiamma ossiacetilenica applicata direttamente sulle strutture metalliche, con l'amianto *in situ*.

Rilevamenti ambientali prima della bonifica. - I risultati sono sintetizzati nella Tab. 1. Si nota l'ampia variabilità delle misure, con alcuni valori molto elevati. I valori maggiori sono quelli dei prelievi compiuti durante il lavoro all'interno della cabina di guida, probabilmente anche per l'applicazione della fiamma ossiacetilenica direttamente sull'amianto. Un primo tentativo di bonifica è stato realizzato facendo bagnare lo strato coibente di amianto, attraverso il banco di servizio, prima dell'impiego della fiamma ossiacetilenica. I risultati non sono stati soddisfacenti per il lavoro all'interno della cabina di guida, mentre risultati ottimali si evidenziavano già nelle posizioni esterne durante il taglio delle lamiera. Proprio da questa preliminare osservazione è derivata l'indicazione per una diversa organizzazione del lavoro, in cui, per le operazioni di bonifica ambientale, si è tenuto conto delle realizzazioni tecnologiche compiute nei paesi più progrediti in questo campo [2-4].

Organizzazione del lavoro e situazione ambientale dopo la bonifica. - Le nuove modalità operative possono essere così schematizzate:

1) smontaggio del banco di servizio e delle foderine di lamiera che ricoprono lo strato coibente di amianto spruzzato;

2) bagnatura del pannello di amianto con lancia a bassa pressione, a più riprese, sfalsate nel tempo, per una buona imbibizione dell'amianto;

3) asportazione dello strato di amianto imbibito e sua raccolta immediata in sacchi di politene;

4) integrale pulizia della cabina al termine dell'operazione;

5) taglio dall'esterno delle lamiera con fiamma ossiacetilenica con utilizzazione nell'interno della cabina di manichette di aspirazione e continua bagnatura delle lamiera;

6) raccolta ed insaccamento delle lamiera asportate.

Queste operazioni inoltre sono state isolate in una ben definita area costituita da due appositi box. Ogni box è isolato dagli altri ambienti di lavoro da un filtro con un locale spogliatoio e doccia. L'area di lavoro vera e propria ha pavimenti e pareti lavabili. Inoltre ai due lati del binario per il posizionamento dei mezzi vi sono 8 manichette pensili per l'aspirazione con una potenzialità complessiva di 12.000 m³/ora di aria localizzata e 4 prese per la distribuzione dell'acqua. Inoltre un impianto per il ricambio di aria centralizzato con una potenzialità di 30.000 m³/ora sfruttabile per singolo box o per entrambi i box. L'aspirazione centralizzata e quella localizzata assicurano un numero massimo di 23 e 15 ricambi di aria per ora per i Box da 1.800 m³, a seconda dell'utilizzazione totale o parziale dell'impianto centralizzato e di 27-17 ricambi aria/ora per i box di 1.600 m³ nelle medesime condizioni. Quando necessario, anziché demolire con fiamma ossiacetilenica il banco di servizio e le foderine metalliche di lamiera questo e quelle vengono smontati. Quindi messo a nudo lo strato di amianto coibente questo viene ripetutamente bagnato con acqua con lancia a bassa pressione; queste operazioni vengono ripetute ad intervalli di 8-12 ore fino a che tutto lo strato coibente è ampiamente imbibito. Successivamente questo strato di amianto viene asportato e viene immediatamente raccolto in sacchi di polietilene. Poi si procede alla pulizia integrale

Tabella 1. - Concentrazione di fibre di asbesto prima della bonifica.

FASE LAVORATIVA	Senza bagnatura							Previa bagnatura			
	Camp. pers. (£/cc)	Media	Dev. std.	Camp. statico (£/cc)	Media	Dev. std.	FAM	Camp. pers.	Media	Dev. std.	Camp. statico
Taglio lamiera coibentata e rimozione asbesto, prelievi all'interno cabina	18,0			23,0			—	—			—
	22,0			2,1			2,0	—			—
	7,0			—			—	26			—
	14,5	15,9	12,9	2,7	13,2	13,6	2,1	—	14	—	3
	15,0			6,0			—	2			—
	0,9			—			—	—			—
	6,7			—			—	—			—
Taglio lamiera esterno, prelievi all'esterno	43,0			32,0			—	—			—
	7,0			11,0			6,2	—			—
	5,5			—			—	—			—
	26,0	9,9	9,9	20,0	10,4	7,8	5,0	<0,1	—	—	—
	6,0			9,7			2,0	—			—
Taglio lamiera esterno, prelievi all'interno	5,0			1,0			1,0	—			—
	13,4	—	—	—	—	—	—	<0,1	—	—	—

della cabina. Infine, dopo tutte queste operazioni, si opera il taglio dall'esterno della lamiera con fiamma ossiacetilenica; mantenendo all'interno della cabina due manichette di aspirazione in attività e nel contempo procedendo ancora a bagnare le lamiere al fine di evitare lo spolveramento dello strato di coibente che può essere ancora aderente. Infine i pezzi di lamiera asportati vengono raccolti ed insaccati.

Prima ed in attesa di conoscere i risultati dei rilievi ambientali si sono anche adottate rigide e complete protezioni individuali considerando anche la breve durata del periodo di esposizione che consente di rendere accettabile questo tipo di protezione: tuta in politene a perdere, stretta ai polsi ed alle caviglie con cappuccio, maschera individuale a mandata di aria (100 l/min prefiltrata con filtro di tipo assoluto, funzionante a batteria); guanti.

Rilevamenti ambientali dopo la bonifica. - I rilevamenti ambientali ripetuti dopo l'intervento di bonifica e con la nuova organizzazione del lavoro sono stati mirati a due operazioni fondamentali quali l'eliminazione dell'amianto dall'interno della cabina di guida e il successivo taglio dall'esterno della lamiera. I risultati ottenuti sono riportati nella Tab. 2 dove si mette in evidenza come la concentrazione di fibre sia di 0,26 ff/cc durante l'asportazione dell'amianto e di circa 0,1 ff/cc durante il taglio. Tenuto conto di questi risultati, va valutata attentamente l'opportunità di una revisione delle norme adottate per la protezione individuale.

Per quanto riguarda il confronto tra il FAM e il metodo AIA si può dire che per i valori molto bassi

esiste una correlazione buona; sui valori più alti tale correlazione non si riscontra nei prelievi all'esterno dove maggiore può essere l'influenza della posizionatura del prelievo, mentre all'interno della cabina la correlazione sembra migliore con scarti variabili dal 20 al 5%. In tutti i prelievi comunque sembra che il campionamento con il FAM determini una sottostima della concentrazione di fibre. La sottostima è da attribuire, con probabilità al fatto che impostando sul FAM la discriminazione di lettura su di una lunghezza delle fibre superiore ai 5 micron, si rischia di non considerare quelle fibre che non sono perfettamente rettilinee e che hanno una lunghezza intorno ai 5 micron [5].

Tabella 2. - Concentrazione di fibre di asbesto dopo la bonifica

FASE LAVORATIVA	Camp. personale (ff/cc)	Camp. personale (ff/cc)	FAM (ff/cc)
Rimozione amianto interno cabina	0,40	0,20	0,03
	0,35	0,32	0,03
	<0,1	<0,1	0,02
Taglio esterno, prelievo interno cabina	<0,1	<0,1	0,03
	<0,1	<0,1	0,03
Taglio interno, prelievo interno	<0,1	<0,1	0,08
	<0,1	<0,1	0,08
Taglio esterno, prelievo esterno	0,10	0,08 (<0,1)	0,05

BIBLIOGRAFIA

- LILLENFELD, P., ELTERMANN, P.B. & BARON, P.A. 1978. Development of a prototype fibrous aerosol monitor, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 40: 270.
- MARSHALL SITTING. 1975. *Pollution control in the asbestos, cement glass and allied mineral industries.* Noyes Data Corp. N.Y., pp. 2-80.
- RAJHANS, G. & BRAGG, G.M. 1978. *Engineering aspects of asbestos dust control.* Ann. Arbor Sci. Publ., Ann. Arbor, Mich., pp. 101-176.
- HEALTH SAFETY COMMISSION. 1978. Work on thermal and acoustic insulation and sprayed coatings. 1. *Rep. Advis. Comm. Asbestos.*
- LILLENFELD, P. & TRUDEAU, M. 1979. A comparison: the GCA model FAM to NIOSH recommended procedure for asbestos sampling and microscopic counting. *Asbestos* 8 (Aug.): 4.

Inquinamento da idrocarburi policiclici aromatici in una fabbrica di materiali refrattari: risultati degli interventi di bonifica

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

Istituto di Medicina del Lavoro, Università degli Studi, Genova

Riassunto. - Gli autori riportano i risultati emersi nel corso di una operazione di bonifica dall'inquinamento di PPAH in una fabbrica di materiali refrattari attraverso tre fasi: situazione iniziale dello stabilimento con valori di concentrazione di PPAH superiori al TLV; situazione dopo l'installazione di un impianto di termoventilazione; situazione finale con valori di concentrazione di PPAH inferiori al TLV ottenuta mediante aspirazioni localizzate sulle fonti dell'inquinamento.

Summary (Pollution from Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in a Refractory Materials Factory: Results of the Environmental Interventions of Preventive Type). - The authors report the results found during an operation of improvement from PPAH pollution in a refractory materials factory, through three periods: the starting situation of the factory with values of PPAH concentration superior to TLV; situation after the installation of thermoventilation system; final situation, with values of PPAH concentration inferior to TLV achieved by localized aspirations on the pollution sources.

INTRODUZIONE.

L'industria dei materiali refrattari è generalmente associata alla possibilità di inquinamento da polveri ed in particolare modo da silice, ma in alcuni stabilimenti viene sviluppata la fabbricazione di materiali combinati in vario modo con composti catramosi. In questo caso il rischio principale non è derivato dalla polvere, bensì dai fumi che possono essere emanati. Il catrame è largamente usato nei prodotti per l'industria siderurgica, che possono essere raggruppati in due classi: prodotti formati (in cui l'impasto viene pressato per ottenere mattoni di varie dimensioni) e non formati (impasti per rigole e masse a tappare). Il tipo di catrame impiegato può essere, a temperatura ambiente, solido e semifluido, pertanto viene spesso stoccato in serbatoi riscaldati: allora tutte le lavorazioni che lo coinvolgono (miscelazione con le terre refrattarie, formatura, estrusione) avvengono mediante impianti riscaldati. L'innalzamento della temperatura aumenta la possibilità di sviluppo di fumi e quindi incrementa l'inquinamento ambientale da fumi di catrame con la presenza di PPAH (Particulate Polycyclic Aromatic Hydrocarbons).

INDAGINE PRELIMINARE.

L'indagine è stata condotta in tre reparti: uno di produzione di masse a tappare e due di prodotti formati. I prelievi sono stati eseguiti mediante campionatori personali Dupont P-4000 e statici Crami Simplex B su filtri in nitrato di cellulosa con porosità $0,8 \mu\text{m}$; dopo estrazione del filtro con benzene si è proceduto all'analisi gascromatografica dei PPAH. I risultati di questi primi prelievi hanno consentito di individuare le zone di maggior rischio in quelle di estrusione del prodotto non formato, ove risultava largamente superato il limite tollerabile di $0,2 \text{ mg/m}^3$ adottato dalla ACGIH (Tab. 1-A).

Si è deciso di iniziare gli interventi di bonifica da questi ambienti.

INTERVENTI DI BONIFICA.

Nella Fig. 1-A è schematizzato il reparto in esame trascurando gli impianti non interessati alla produzione delle masse. Il locale ha una superficie di $51 \times 44 \text{ m}^2$ con un'altezza media di 5,7 m.: la sua cubatura è quindi di circa 12.800 m^3 .

Dalle miscelatrici (poste al piano rialzato) l'impasto cade negli estrusori, dal quale esce su un nastro trasportatore ove viene tagliato automaticamente in mattonelle, che vengono avvolte in polietene ed entrano in un forno di termoretrazione. Alla fine del nastro un operaio provvede a mettere le confezioni in casse.

I punti di emissione furono identificati nell'estrusione e nel trasporto delle masse e si consigliò di creare un'aspirazione localizzata. L'Azienda preferì installare inizialmente un impianto di termoventilazione per ricambiare l'aria dell'ambiente e riscaldarla durante l'inverno. L'impianto, costituito da due moduli uguali, aveva una potenzialità complessiva di $130.000 \text{ m}^3/\text{h}$ e generava quindi 10 ricambi d'aria ogni ora (Fig. 1-B). I risultati furono buoni: l'inquinamento da PPAH scese lievemente al di sotto del TLV (Tab. 1-B), ma, per il buon funzionamento dell'impianto era necessario tenere chiusi i portoni del reparto per canalizzare l'aria verso le uscite predisposte in posizione opposta all'immissione. Si crearono quindi due inconvenienti: l'incremento della temperatura ambientale nei mesi caldi e l'esposizione

ai fumi di altri operai del reparto. Venne quindi attuata la seconda fase della bonifica aspirando localmente i fumi nella zona di estrusione e termoretrazione. Si calcolò che ogni cappa doveva avere 10.000 m³/h di aspirazione, ma l'impianto fu sovradimensionato per poterlo utilizzare anche per eventuali altri punti di captazioni: si collocò all'esterno del reparto (Fig. 1-C) un ventilatore da 35.000 m³/h (prevalenza = 300 mm Hg, con tubi di $\varnothing = 400$ mm). I risultati furono soddisfacenti: l'inquinamento si ridusse a livelli largamente inferiori 0,2 mg/m³ (Tab. 1-C). Anche la concentrazione di Benzopirene, che inizialmente era mediamente di 20 μ g/m³, divenne inferiore ai limiti di rivelabilità al termine dell'intervento di bonifica ambientale.

Tabella 1. - Risultati delle analisi in mg/m³, nelle tre fasi della bonifica

	mg/m ³	Miscelazione	Estrusione
A	Polveri	2,50	2,36-2,45
	PPAH	0,70	1,03-1,10
B	Polveri	0,67-2,00	1,01-1,38
	PPAH	0,10-0,26	0,18-0,14
C	Polveri	0,28-0,70	0,25-0,45
	PPAH	0,01-0,11	0,08-0,01

Per quanto riguarda i reparti di pressatura, di cui si è detto in precedenza, la concentrazione dei PPAH era inizialmente attorno a 0,5 mg/m³ ed è in fase di realizzazione un intervento con captazione nei punti di emissione (alimentazione pressa, zona di pressatura, scarico) con canalizzazione all'esterno dei fumi e filtrazione prima dell'immissione in atmosfera. In questi ultimi reparti sono presenti anche forni di bonifica dei mattoni: dalle aperture di questi forni, principalmente all'ingresso, si hanno considerevoli emissioni di fumi. Inizialmente

funzionava un impianto di immissione di aria per convogliare i fumi verso torrini di aspirazione, i cui risultati non erano soddisfacenti, anche per le emissioni all'esterno. Attualmente è installato un sistema di aspirazione con combustione finale dei fumi.

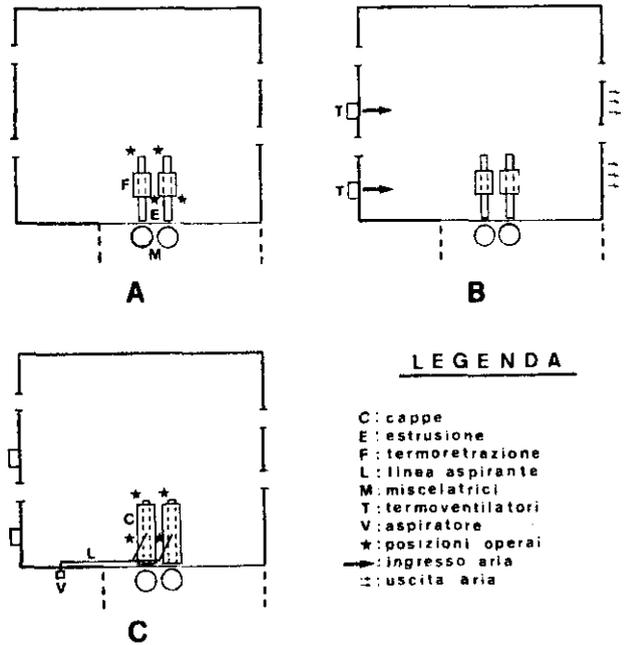


Fig. 1. - Pianta schematica del reparto durante le tre fasi di bonifica

CONSIDERAZIONI.

Si verifica spesso negli ambienti di lavoro il tentativo di risolvere il problema dell'inquinamento prodotto da un macchinario con interventi di carattere ambientale e non alla fonte dell'inquinamento stesso. In questi casi, di solito, il problema non viene risolto in maniera completa, ma si ha solo un tamponamento ed il rapporto miglioramento/costo è in conclusione sfavorevole.

Carta del rumore ed analisi del rumore impulsivo come base per la bonifica ambientale

P. BATTINI (a), G. CASCIANI (b), G. CECCHETTI (c) e G. RIPANUCCI (b)

(a) USL n. 10/A, Firenze;

(b) INAIL, Consulenza Rischi Professionali, Roma;

(c) Istituto di Medicina del Lavoro, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Riassunto. - In un ambiente di lavoro caratterizzato da presenza di rumore fluttuante a carattere anche impulsivo risulta estremamente utile per la bonifica ambientale sia la costruzione della carta del rumore che l'analisi del rumore impulsivo. Si descrive come siano stati realizzati: a) la costruzione della carta del rumore con un grado di affidabilità di 1 decibel attraverso una serie numerosa e predeterminata di misure di livello equivalente A con fonometro integratore B.K. 2218; b) le analisi corrette dei rumori impulsivi con determinazione per terze di banda d'ottava eseguite sul picco massimo dell'impulso per mezzo di campionature con registratore a nastro magnetico nagra mod. IV-SJ e successive analisi in laboratorio con apparecchiature General Radio real time 1995 e real time 1925 con multicanale RMS 1926 con level recorder 1525.

Summary (Noise Map and Impulse Noise Analysis as Basis for Environmental Improvement). - In a work environment characterized by presence of fluctuating noise with also an impulsive character both the noise map construction and the impulse noise analysis are extremely useful for environmental improvement. In this study it is reported: a) the noise map construction with one decibel degree of reliability through a numerous and predetermined set of equivalent level A measured with integrating sound level meter B.K. 2218; b) the impulse noise through analyses performed on impulse peak value with third-octave band determination by means of samplings with magnetic tape recorder nagra type IV-SJ and the following laboratory analyses with General Radio equipment real time 1995, real time 1925, multichannel RMS 1926 and level recorder 1525.

INTRODUZIONE.

Le misure di livello sonoro globale o di livello continuo equivalente, effettuate alle singole postazioni di lavoro o in centro ambiente, possono essere utili per la valutazione del rischio di ipoacusia, ma non sono sufficienti per l'impostazione di una bonifica ambientale, per la quale è invece necessario analizzare singolarmente i diversi contributi imputabili a: eventi tecnologici connessi con la posizione, la concentrazione e la frequenza nel

tempo delle emissioni rumorose dovute a macchine od operazioni; situazioni ambientali connesse con le caratteristiche geometriche e fisiche del locale.

In uno stabilimento per la produzione di carpenteria metallica, caratterizzato da lavori di taglio e punzonatura di lamiere, con rumori fluttuanti di livello elevato e rumore impulsivo, abbiamo ritenuto opportuno:

1) visualizzare lo stato dell'ambiente in termini di livelli sonori medi con la costruzione di una « carta » del rumore;

2) approfondire al meglio le caratteristiche del rumore impattivo, per ottenere una serie di informazioni su materiali resilienti, spessori, forme, validi a realizzare anche le bonifiche qualitativamente già programmabili.

Carta del rumore. - La costruzione della carta del rumore è stata eseguita secondo Leblond [1], con una precisione di ± 1 dB che è stata prefissata in rapporto alla varianza relativa V/\bar{X} del fenomeno e per una confidenza del 95%. Ciò ha comportato un elevato numero di campionamenti la cui esecuzione è stata semplificata dall'uso di un fonometro integratore.

La Fig. 1 mostra la carta del rumore ottenuta; le linee di isolivello hanno equidistanza di 2 dB(A). Questa carta ha permesso:

- a) di conoscere lo stato sonoro dell'ambiente;
- b) di individuare le aree maggiormente rumorose dove procedere all'attuazione delle prime bonifiche;
- c) di dare indicazioni comprensibili a livello anche di non esperti;
- d) di disporre di un documento di riscontro a cui far riferimento dopo l'attuazione delle bonifiche.

Rumore impulsivo. - A livello internazionale c'è quasi accordo unanime sulla definizione di rumore stazionario e fluttuante; tutto ancora è confuso sulle varie definizioni di rumore impulsivo, su come esso vada misurato e sulla valutazione del danno che esso produce, sia sul sistema uditivo sia come effetti extrauditivi collaterali.

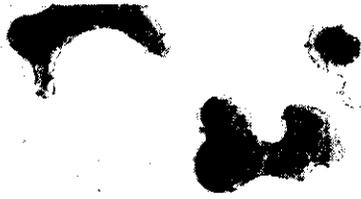


Fig. 1. - Carta del rumore

Strumentazione impiegata:

- fonometro integratore BeK 2218;
- registratore a nastro magnetico Nagra mod. IV-SJ;
- *real time* Gen-Rad. 1995;
- *real time* Gen-Rad. 1925;
- multicanale Gen-Rad. 1926;
- level recorder Gen-Rad. 1525;
- Gen-Rad. TDA-32, composto da: Calcolatore Digital Equipment Co. PDP11/20 - Dual Floppy Drive - Display Unit TEK 603 - Hard copy TEK 4610 - Filtro antialiasing - Convertitore analogico/digitale ACE-DSI Unit;
- registratore Racal 4DS-FM.

L'analisi è stata mirata alla verifica del livello del picco (costante 10 m/s) ed alla sua analisi per terze di banda di ottava con la costante di tempo minima consentita dal *real-time* 1925, non superiore comunque a 100 m/s.

Valutazione del rumore impulsivo. - È stata verificata la rumorosità prodotta da ciascuna macchina, eliminando, con fermata programmata, le interferenze dovute alle altre lavorazioni. Sono stati ottenuti, per ciascuna macchina, gli andamenti livelli/tempo con costante di tempo 10 m/s e sono stati verificati gli spettri per terze di banda d'ottava in *real time* sul picco massimo.

Tavole dei valori d'attenuazione dei diversi materiali, predisposte a cura del NIOSH [2], consentono di conoscere le caratteristiche fonoassorbenti dei più comuni prodotti in commercio: l'analisi spettrale eseguita sul picco massimo, e dunque la migliore conoscenza del fenomeno impattivo, permette di prescegliere, dai valori tabellati, i materiali e le forme più adatti per la costruzione di strutture che offrano la massima attenuazione dell'impulso sonoro. È possibile in tal modo giungere ad una prima conclusione di approccio al problema, ottenendo informazioni sulle caratteristiche dei materiali da utilizzare per la costruzione di elementi di cabine.

Verifica teorico-pratica della bonifica ambientale. - Trovandosi tuttavia, in particolare, in presenza di rumore impulsivo con eventuali componenti armoniche di maggior energia, i risultati pratici possono non essere confortanti a causa di problemi di risonanza tra sorgente sonora e cabina. È possibile cioè che la frequenza propria di risonanza del materiale della struttura sia eccitata da una o più frequenze, o dalle loro armoniche, della sorgente. Questo fenomeno non è prevedibile, poiché dipende dalle caratteristiche geometriche della macchina e della cabina, oltreché dallo spessore del materiale smorzante impiegato.

La proposta di lavoro che dunque si formula è quella di costruire un prototipo sul quale effettuare controlli analitici per evidenziarne la reale rispondenza. Nel caso che i risultati dei controlli in termini di attenuazione del rumore non siano soddisfacenti, è necessario procedere ad ulteriori verifiche idonee ad accertare i motivi dell'insuccesso ed a predisporre l'eliminazione. La modalità operativa qui suggerita è quella del ricorso alle «funzioni di transfer», che possono essere elaborate in tempo reale attraverso un calcolatore interfacciato con convertitore analogico/digitale a 2 canali, come il Digital PDP 11/20 con programmi svolti in TLS (*Time Series Language*).

Il coefficiente di riflessione del rumore impulsivo può considerarsi una funzione di transfer costruita per mezzo dell'onda incidente e riflessa. Quando un impulso $p_i(t)$ incide su un qualsiasi materiale, si riscontrano varie riflessioni $p_{r0}(t)$, $p_{r1}(t)$, $p_{r2}(t)$, volendosi fermare a tre sole riflessioni.

Dato un impulso incidente:

$$p_i(t) = F^{-1} [F_i(\omega)] \text{ (antitrasformata)}$$

si ha un impulso riflesso dato da:

$$p_r(t) = p_{r0}(t) + p_{r1}(t) + p_{r2}(t),$$

dove:

$$(1) \quad p_{r0} = F^{-1} [R(\omega) \cdot F_i(\omega)]$$

$$(2) \quad p_{r1} = F^{-1} [1 - R^2(\omega) F_i(\omega) \cdot e^{-2\gamma(\omega)L}]$$

$$(3) \quad p_{r2} = F^{-1} \{-R(\omega) [1 - R^2(\omega)] F_i(\omega) \cdot e^{-4\gamma(\omega)L}\}$$

nei quali: $F_i(\omega)$ = componenti dell'analisi di Fourier;

$R(\omega)$ = coefficiente dell'impulso di riflessione;

$\gamma(\omega)$ = costante di propagazione dell'involucro;

L = spessore delle pareti fonoassorbenti.

Elaborando in sommatoria, la specifica funzione di transfer cercata è la seguente:

$$R_s(\omega) = \frac{R(\omega) + e^{-2\gamma(\omega)L}}{1 + R(\omega) \cdot e^{-2\gamma(\omega)L}}$$

dove compaiono sia L , cioè lo spessore della parete fonoassorbente, sia $\gamma(\omega)$, cioè la costante di propagazione dell'involucro, cioè i parametri utili per l'ottimizzazione della bonifica.

BIBLIOGRAFIA

1. LEBLOND, H. 1980. *Le bilan sonore d'une entreprise*. Cahiers de notes documentaires n° 100.
2. NIOSH. 1979. *Compendium of materials for noise control*. Technical Report.

Posters

L'inquinamento e la bonifica ambientale nell'industria delle confezioni

T. NENCINI (a), A. LUCHERINI (a), A. SCIULLO (b), O. MALAVASI (b), P. BATTINI (c), M. BERLINCIONI (c), F. MARTELLINI (c), F. BINDI (c) e G. CASULE (d)

- (a) Commissione Ambiente del Consiglio di Fabbrica, Super Riffe, Barberino del Mugello;
- (b) Servizio Medicina del Lavoro, settore Igiene Industriale, USL n. 11, Borgo S. Lorenzo;
- (c) Laboratorio Igiene e Profilassi, settore Igiene Industriale, USL n. 10/A, Firenze;
- (d) Dipartimento Sicurezza Sociale, Regione Toscana, Firenze

Riassunto. - Il lavoro riporta l'intervento e i risultati delle rilevazioni ambientali, in una azienda di confezioni. La realizzazione degli impianti di bonifica (aspirazione alle macchine, ricambio e climatizzazione dell'aria) ha messo in evidenza, da circa due anni, che le manifestazioni irritative diminuiscono enormemente e possono essere controllate anche se non del tutto eliminate: al massimo infatti si verificano con poca frequenza solo per il personale più sensibilizzato. Il miglioramento delle condizioni di lavoro nell'industria delle confezioni si realizza, secondo nostra convinzione, solo con interventi di prevenzione primaria, quali la bonifica costante degli ambienti e l'utilizzo di tessuti che hanno subito trattamento antipiega con sostanze non nocive alla salute dei lavoratori.

Summary (Pollution and Environmental Decontamination in the Garment Industry). - The use of decontamination systems (suction devices on the machines, ventilation and air-conditioning) has shown, over the course of about two years, that symptoms of irritation diminish greatly and can be controlled even if not completely eliminated: at most, these symptoms are found infrequently and only in the most sensitive personnel. The improvement of working conditions in the garment industry is possible, we are convinced, only through the use of primary preventive measures: in particular, constant decontamination of the environment and the use of fabrics which have undergone crease-resistant treatment with substances not dangerous to the workers' health.

INTRODUZIONE.

Le numerose e sempre più diffuse manifestazioni irritative della cute, delle prime vie respiratorie e degli occhi, verificatesi nell'industria delle confezioni a causa di gas e vapori, ripropongono all'attenzione le sostanze chimiche usate nella preparazione tecnologica delle stoffe. Il trattamento dei tessuti, di fibre cellulosiche naturali ed artificiali, con agenti reticolanti (resine e reattanti) si rende necessario per conferire a questi priorità antipiega e di resistenza ai fenomeni della gualcitura. I processi di applicazione delle resine, denominati di fissaggio, sono distinti a seconda dei metodi di fini-

tura a cui le stoffe sono sottoposte. Abbiamo la condensazione a secco; la reticolazione ad umido e a bagno e la polimerizzazione differita: in tutte le lavorazioni si impiegano massivamente, eccetto i pochi casi, resine a vario contenuto di formaldeide. Lo sviluppo degli agenti inquinanti si ha già nella fase della reticolazione dei tessuti con le resine; infatti essendo la reazione di equilibrio, la presenza di tracce di catalizzatore derivanti da uno scarso lavaggio, di calore e di umidità, può determinare la retrocondensazione con conseguente formazione dei composti di partenza. La cessione continua inoltre nella fase di essiccamento e di polimerizzazione e prosegue nello stadio del magazzinaggio dei tessuti e nelle successive operazioni di confezione. In particolare, quando le stoffe sono immesse nel ciclo di lavorazione, le sollecitazioni fisiche favoriscono un ulteriore degrado della resina che, attraverso la modifica strutturale dal punto di vista chimico, genera liberazione di gas e vapori: per esempio di formaldeide. Nella sequenza del confezionamento, le fasi delle sollecitazioni (meccaniche e termiche) avvengono al taglio dei materassi, al taglio e alla cucitura dei pezzi ed infine allo stiro.

L'inquinamento ambientale nell'industria delle confezioni, non deriva solo dalla formadeide. È necessario infatti prendere in considerazione anche gli altri componenti delle resine (quali per esempio il fenolo, l'urea, i dicloroderivati, i derivati solfonici, ecc.), i costituenti dei colori (dove ritroviamo composti come il naftolo, alcune ammine aromatiche, lo zolfo, ecc.) e le polveri. Queste ultime non solo come fattore di rischio specifico, ma anche come veicolo di trasporto delle sostanze inquinanti.

INTERVENTO E BONIFICA AMBIENTALE.

Riportiamo una esperienza di lavoro svolta, congiuntamente dal Consiglio di Fabbrica, dalle OO.SS. di zona e dai tecnici del Servizio di Medicina del Lavoro e del Laboratorio di Igiene e Profilassi, nel settore delle confezioni. Lo stabilimento occupa 291 addetti, di cui 233 donne e 58 uomini e produce pantaloni di velluto

e tela. Nel periodo giugno-luglio 1978, si manifestarono i primi e numerosi disturbi con irritazioni cutanee e delle mucose ed abbassamenti di voce. Si ipotizzarono essere la conseguenza della presenza dell'aldeide formica nell'ambiente di lavoro. Fu predisposto un piano di intervento che comprendeva: la classificazione dei tessuti in base al contenuto di formaldeide libera, sia a freddo che sotto flusso di vapore (anche per sperimentare lo scaglionamento dei tessuti durante le fasi lavorative) e nuove ricerche ambientali dalle quali risultò l'accumulo di inquinanti dalle posizioni dello stiro. La conoscenza nel tempo, delle condizioni ambientali e dei fenomeni di disagio ai lavoratori, ha permesso di individuare come elementi di rischio i fattori fisici del microclima, la presenza di polveri ed i fattori chimici dovuti all'inquinamento delle sostanze contenute nelle stoffe. Gli impianti di bonifica realizzati sono dotati dell'aspirazione allo stiro, alle singole macchine nelle catene di lavorazione, ai banchi del taglio e della termoventilazione e ricambio dall'aria (uno ad ora) in tutto l'ambiente. Ad impianti ultimati sono stati effettuati controlli sul funzionamento e l'efficienza degli stessi e prelievi di aria per determinare il contenuto di formaldeide allo stato di vapore.

Le misure del microclima, che comprendono i periodi invernale ed estivo, hanno messo in evidenza condizioni omogenee ed i valori degli indici rientrano complessivamente nei limiti di riferimento. I prelievi delle polveri totali, ai punti ritenuti la fonte principale di rischio (le macchine taglia e cucì a metà catena) hanno dato i risultati riportati in Tab. 1.

La quantità di aldeide formica nell'ambiente, a seguito dell'assorbimento in una soluzione acquosa di cloridrato (MBTH), viene determinata per via spettrofotometrica sfruttando la reazione cromatica della azina con cloruro ferrico in ambiente acido. I valori delle concentrazioni misurate sono riportate in Tab. 1.

Tabella 1. - Concentrazione di formaldeide nell'aria dell'ambiente di lavoro.

POSIZIONE	N. prelievi	Valori estremi (mg/m ³)	Valore medio (mg/m ³)
Taglia e cucì	15	0,230-0,620	0,350
Inizio linea	8	0,085-0,128	0,106
Metà linea	8	0,079-0,127	0,094
Stiro	8	0,052-0,145	0,093

Le concentrazioni riferite sono inferiori ai limiti dei VLP e dei TLV; è interessante notare che, in condizioni di omogeneità delle condizioni ambientali, i valori allo stiro non superano quelli delle altre posizioni.

I tessuti causa di maggiori disturbi in relazione al contenuto di formaldeide libera, sono riportati in Tab. 2.

CONCLUSIONI.

Le manifestazioni irritative sono il risultato di una prolungata e quanto meno continua esposizione a basse concentrazioni di formaldeide, ed altri inquinanti, nell'ambiente di lavoro.

Tabella 2. - Valori di formaldeide libera nei tessuti.

COLORE	Campione	Tessuto	Aldeide formica libera nel tessuto (ppm)
Rosso scuro ..	7344	Velluto 1.000 righe	813
Marrone scuro .	7786	Velluto 1.000 righe	973
Verde chiaro .	7618	Velluto 1.000 righe	983
Rosso	7366	Velluto 1.000 righe	997
Rosso scuro ..	7274	Velluto 300 righe	989

Considerata l'età media lavorativa (dieci anni per addetto) e l'elevata sensibilizzazione venutasi a determinare nel periodo d'esposizione, queste si verificano con più frequenza quando concorrono alle condizioni ambientali per gli accumuli d'inquinanti, l'alta polverosità, il microclima disagiata e la fuoriuscita del vapore dallo stiro, in modo da avere come risultato, nel caso specifico della formaldeide, quantità superiori alle concentrazioni da noi misurate. La realizzazione degli impianti di bonifica ambientale, eliminando tali cause e gli accumuli di inquinanti, ha messo in evidenza che le manifestazioni irritative diminuiscono e possono essere controllate, anche se non del tutto eliminate.

Vogliamo quindi richiamare l'attenzione su due aspetti della complessa problematica dell'inquinamento ambientale nell'industria delle confezioni, le polveri e la formaldeide:

1. *Le polveri.* - L'esposizione a polveri nell'industria delle confezioni varia a seconda del tessuto in lavorazione. Inoltre, se escludiamo il caso del cotone, non esistono valori limite per le polveri di fibre diverse da quest'ultimo;

2. *La formaldeide.* - L'inquinamento ambientale da agenti chimici nell'industria delle confezioni deriva principalmente, come accennato nell'introduzione, dai composti usati e dal loro modo d'impiego nella preparazione tecnologica delle stoffe. Particolare attenzione per la sua rilevanza merita il problema specifico della formaldeide, come costituente base delle resine più usate nel trattamento antipiega e di conseguenza come primario agente inquinante degli ambienti di lavoro.

Secondo nostre valutazioni sono certamente da mettere in discussione, anche in base alle esperienze riferite in letteratura, i valori alle tollerabilità d'esposizione. Infatti è ormai ampiamente dimostrato che le manifestazioni irritative si verificano dopo una prolungata esposizione anche a basse concentrazioni d'inquinante ed in presenza di sensibilizzazione, come nel nostro caso, a quantità dieci volte inferiore ai valori di riferimento adottati in Italia. È accertato che esiste una correlazione e dipendenza tra la formaldeide libera nei tessuti e quella presente nell'ambiente di lavoro: tessuti con quantità intorno a 1.000 ppm determinano nell'ambiente una presenza di circa 3 ppm (4,5 mg/m³) [1].

Ne consegue, che non esiste corrispondenza tra la quantità di formaldeide libera nei tessuti, i valori sta-

biliti o presi a riferimento, i dati sperimentali ottenuti dai prelievi ambientali e le conseguenze per la salute dei lavoratori.

I TLV e VLP sono formulati in maniera tale da tenere al massimo conto del livello irritativo (1-2 ppm) e della soglia olfattiva (1 ppm) ma escludono ogni riferimento alla prolungata esposizione, negli ambienti di lavoro, anche alle concentrazioni stabilite nei limiti. Non a caso, come risulta dalla nostra esperienza, proprio considerando il parametro della sensibilizza-

zione, i livelli stabiliti o proposti dovrebbero subire un ulteriore abbassamento [2].

È nostra convinzione che si debba presto addivenire alla definizione di precise disposizioni per i valori delle polveri totali e respirabili; e per la formaldeide, pur restando in prospettiva da utilizzare trattamenti anti piega diversi dagli attuali, una norma legislativa che, in base a tutte le considerazioni svolte in precedenza, stabilisca limiti precisi da non superare per il contenuto di formaldeide libera nei tessuti.

BIBLIOGRAFIA

1. GOLDSTEIN, H.B. 1976. *Tintoria*. 73 (6).
2. GRANATI & COLL. 1981. Criteri di valutazione di pericolosità di agenti chimici (ricerca nell'industria dell'abbigliamento). *Med. Lav.* 72 (1).

Insonorizzazione della sala rotative e del locale sottomacchina di una tipografia

A. CASTAGNOLI, M. BOVE e G. VENDRAMIN

Istituto di Medicina del Lavoro, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Riassunto. - Vengono riportati i miglioramenti apportati nella sala rotative e nel locale sottomacchina di una tipografia. L'intervento di insonorizzazione per ridurre la rumorosità al disotto del livello limite previsto dall'ACGIH ha richiesto interventi sulle macchine e nell'ambiente della sala rotative. Sono state infatti chiuse le principali sorgenti di rumore (taglierine e gruppi stampa) mediante idonee cappottature, mentre sono stati installati sulle pareti dei pannelli fonoassorbenti e sul soffitto dei pannelli sospesi. Nella zona bobinisti (sottomacchina) sono state invece messe delle tende in PVC ad avvolgimento motorizzato, in modo da non creare alcun intralcio al caricamento delle bobine e alla movimentazione del muletto.

Summary (Insulating Procedure in the Rotary Press Room). - The soundproofing intervention to minimize the noise under the level provided from the ACGIH asked for some interventions on the machines and in the rotary press room. As a matter of fact the main noise sources have been closed (splitting and press machines) by suitable cowls, while some sound absorbing panels on walls and some ceiling hanging panels have been set up. On the contrary in the room under-machine have been set up some winding motorized tents in PVC, so that it wouldn't cause any hitch for the magnet threading and to the truck movement.

L'insonorizzazione della sala rotative della Società Editrice « Il Messaggero » ha comportato, date le ridotte dimensioni del locale, degli interventi sia sulle sorgenti di rumore (piegatrici e sezioni stampa) che nell'ambiente, per ridurre la trasmissione diretta del rumore dalle macchine e quella riflessa dalle pareti e dal soffitto.

I principali interventi ovviamente hanno riguardato la riduzione della propagazione del rumore da parte delle piegatrici e delle dieci sezioni stampa delle rotative, in quanto il rumore diretto proveniente dalle sorgenti sonore è molto più elevato di quello riverberante.

La cappottatura fonoassorbente e fonoisolante delle piegatrici è stata realizzata in plexiglas trasparente per consentire il controllo delle taglierine nella parte superiore e in lana di roccia e lamierino forato di lato e all'esterno.

L'isolamento delle dieci sezioni stampa della rotativa e dei vani di accesso ai rulli inchiostriatori (cappottatura) è stato ottenuto con pannelli fonoassorbenti asportabili costituiti all'interno da lamiera forata e lana di roccia e all'esterno da telai zincati piegati e rivettati trattati con vernice antirombo.

I trattamenti acustici dell'ambiente hanno riguardato le pareti perimetrali, la vetrata di separazione del reparto spedizioni e il soffitto, per limitare la riflessione delle onde sonore che è importante sia per la vicinanza delle pareti alle piegatrici e ai gruppi stampa sia per la limitata altezza del soffitto.

Sulla vetrata e sulle pareti sono stati infatti installati dei pannelli fonoassorbenti composti da faesite forata preverniciata di 3,2 mm di spessore, da un velo di vetro antispolvero e da un pannello di fibra di vetro resinata ad alta densità dello spessore di 50 mm.

Sul soffitto sono stati invece sospesi dei baffles, costituiti da pannelli in fibra di vetro trattata con resine termoindurenti, interamente imbustati in una guaina opaca di colore bianca perfettamente lavabile.

Un profilato in PVC, con due ganci per sospendere il pannello, è inserito, per ripartire il carico parallelamente, ad uno dei due lati più lunghi del pannello.

In base alle misure eseguite con un misuratore di livello sonoro prima e dopo gli interventi di insonorizzazione si sono riscontrate delle attenuazioni di 7 dB(A) in corrispondenza delle piegatrici e del quadro comandi e di 5 dB(A) in mezzo alle sezioni dei gruppi stampa.

Nelle Fig. 1 e 2 sono riportate le analisi per banda d'ottava prima e dopo l'insonorizzazione rispettivamente davanti alle piegatrici e in mezzo a due sezioni stampa.

Per quanto riguarda l'esposizione del personale durante il turno lavorativo si è riscontrato la domenica mattina con il massimo della tiratura e delle pagine (40), nelle condizioni peggiori per quanto riguarda la durata dell'esposizione e la rumorosità delle piegatrici, in corrispondenza dell'addetto al quadro comandi un livello sonoro equivalente di 86 dB(A) con un notevole miglioramento rispetto ai 93 dB(A) misurati prima dell'insonorizzazione della sala rotative.

Ciò porta ad escludere l'esistenza del rischio di un danno all'udito, in quanto sia per il turno lavorativo

di 36 ore settimanali sia per il minor funzionamento delle rotative negli altri giorni della settimana, il livello sonoro equivalente rientra nel valore limite di 85 dB(A) previsto nelle quaranta ore settimanali.

Per quanto riguarda il locale sottomacchina l'intervento di insonorizzazione è stato realizzato separando la zona inferiore delle rotative dal magazzino con schermi fonoisolanti e trasparenti costituiti da teli di PVC di 5 mm di spessore installati su avvolgimenti elettrici della lunghezza di 200 cm e comandati singolarmente con apposita pulsantiera.

Il sistema di apertura parziale automatico delle varie sezioni delle bobine permette infatti di ridurre la pro-

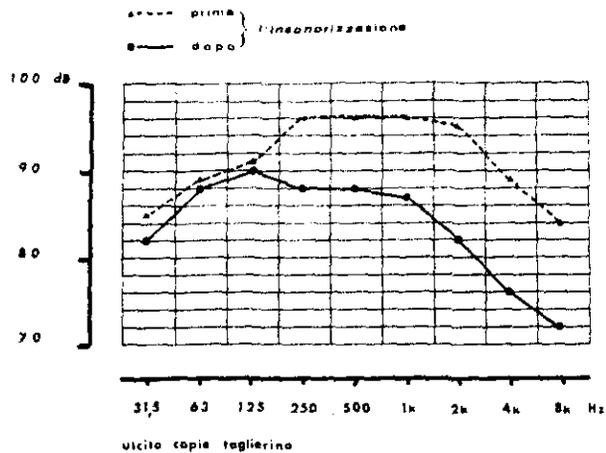


FIG. 1. - Analisi del rumore per banda d'ottava davanti alle piegatrici prima e dopo l'intervento di insonorizzazione

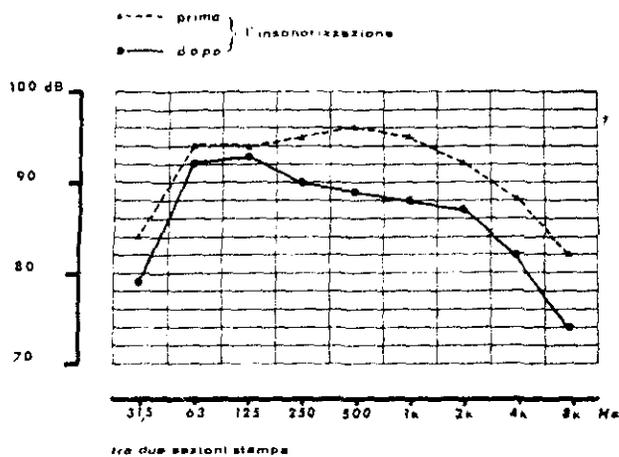


FIG. 2. - Analisi del rumore per banda d'ottava in mezzo a due sezioni stampa prima e dopo l'intervento di insonorizzazione

pagazione del rumore nell'ambiente circostante a parte il tempo necessario alle normali operazioni di carico delle bobine.

All'interno dello schermo, sulle pareti, sono state inoltre installati dei pannelli fonoassorbenti analoghi a quelli della sala rotative.

Le attenuazioni riscontrate sono risultate ovviamente limitate nella zona sottomacchina (1 dB(A)) e leggermente più sensibili (3 dB(A)) nel magazzino a 3 m di distanza dai teli in PVC, dove un ulteriore miglioramento può essere conseguito realizzando una migliore separazione tra le due zone.