

Considerazioni sulla utilizzazione di tecniche gravimetriche nella valutazione del rischio pneumoconigeno e confronto tra risultati ottenibili con apparecchi di prelievo di tipo statico e personale

G. SPIGA e P. CHERCHI

Istituto di Medicina del Lavoro, Università di Cagliari

Il metodo di valutazione del rischio pneumoconigeno più generalmente usato consiste nel rilevamento delle polveri atmosferiche nell'ambiente. L'esaminatore, a seconda delle sue possibilità, potrà effettuare uno o pochi prelievi, oppure potrà estendere i rilevamenti nel tempo e moltiplicare i punti di prelievo. L'attendibilità dei dati, cioè la rispondenza del risultato ottenuto con le reali condizioni microclimatiche, risente in maniera determinante del modo in cui è stato condotto lo studio. Uno solo o pochi prelievi potrebbero fornire un risultato valido, anche se da un punto di vista puramente orientativo, solo nel caso in cui le condizioni di polverosità ambientale fossero costanti nel tempo e nello spazio, ma una tale evenienza non è praticamente mai verificata. È ben noto infatti che il dato coniometrico è suscettibile di sensibili variazioni in funzione dello svolgersi di diverse fasi di lavoro e della posizione del punto di prelievo rispetto alla sorgente della polvere.

Queste variazioni talvolta possono verificarsi in maniera casuale anche annullandosi reciprocamente, talvolta invece si verificano sistematicamente determinando all'interno dell'ambiente di lavoro zone caratterizzate da condizioni particolari. Di ciò bisogna tener conto, non solo per la valutazione del rischio pneumoconigeno inerente a coloro che prevalentemente o esclusivamente svolgono il loro lavoro all'interno di dette zone, ma anche per una valutazione complessiva dell'ambiente, evitando che le apparecchiature di prelievo siano sistemate sempre all'interno o all'esterno di tali zone.

Bisogna precisare peraltro che la polverosità rilevata da una apparecchiatura statica molto difficilmente corrisponde alla polverosità a cui è stato esposto il lavoratore durante la sua attività giornaliera. Ciò è dovuto

al fatto che mentre l'apparecchiatura di prelievo si trova sempre nella stessa posizione rispetto al punto di produzione della polvere ed alla direzione di eventuali correnti d'aria, la posizione dell'individuo può variare in maniera del tutto imprevedibile. Ne consegue che l'utilizzazione del dato ottenuto mediante apparecchiature di prelievo statiche non è sufficiente per la valutazione del rischio pneumoconigeno inerente al singolo lavoratore. Ci pare logico quindi che per una valutazione globale del rischio da polveri sia necessario utilizzare oltre alle apparecchiature di prelievo statiche, anche delle apparecchiature che possano essere portate addosso dal lavoratore e che forniscano un dato sulla polverosità a cui egli è stato esposto durante la sua giornata lavorativa.

Per colui che si accinge a svolgere un programma di rilevamenti ai fini di una valutazione del rischio pneumoconigeno è oggi a disposizione una vasta gamma di apparecchiature e di tecniche per il prelievo e l'analisi delle polveri. È compito del tecnico scegliere tra queste le più idonee in funzione del programma che egli si accinge a svolgere.

In pratica, per un programma di indagini a vasto raggio e protratto nel tempo, la riduzione dei tempi di analisi, la riproducibilità dei risultati, la loro indipendenza da fattori umani sono una condizione essenziale per garantire un utile svolgimento del programma. In base alle considerazioni esposte, per l'attuazione di un programma di rilevamenti triennale ed esteso a tutte le industrie della Regione Sarda in cui sussista un rischio da pol-

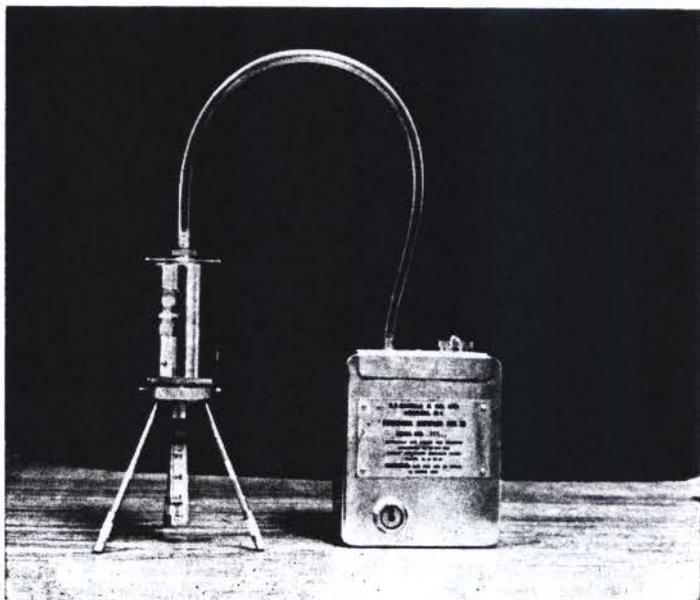


Fig. 1. — Campionatore personale Casella.

veri, la nostra scelta si è orientata verso tecniche analitiche di tipo gravimetrico. Gli strumenti di prelievo adottati possono essere usati sia come apparecchiature statiche (Fig. 1), sia, grazie al loro modesto peso ed ingombro, come apparecchiature personali.

Questa apparecchiatura è costituita da :

— Una piccola pompa a flusso pulsante, capace di aspirare circa 2 l/m d'aria, azionata da una batteria a Ni - Cd capace di una autonomia di 9-10 ore e dotata di un temporizzatore per misurare la durata del prelievo.

— Un rettificatore di flusso per ottenere una velocità di aspirazione costante nel tempo.

— Un testa captante, dotata di un ciclone che permette di separare circa il 100 % delle particelle di diametro superiore ai 7μ ed il 50 % delle particelle di diametro superiore ai 5μ , capace di portare una membrana del diametro di 25 mm.

Tra gli accessori di cui è dotata l'apparecchiatura standard figurano :

— Corredo di bretelle per l'utilizzazione della apparecchiatura come captatore personale.

— Dispositivo di sostegno per l'utilizzazione della apparecchiatura come captatore statico.

— Flussimetro per il controllo del volume d'aria aspirato.

La tecnica analitica usata per la determinazione della concentrazione delle polveri prevede l'uso di membrane a base di esteri di cellulosa che vengono condizionate e pesate prima dell'inizio ed alla fine del prelievo. Queste pesate possono essere agevolmente effettuate mediante l'uso di una bilancia microanalitica che abbia una sensibilità effettiva dell'ordine di 10^{-5} g. Una volta noto il flusso d'aspirazione della pompa, la durata del prelievo e la quantità di polvere depositata sulla membrana, si calcola la concentrazione della polvere in mg/m^3 d'aria.

L'uso di questo tipo di apparecchiature di prelievo offre una serie di vantaggi rispetto ad altre apparecchiature quali la pompa a caduta di mercurio, o altre apparecchiature analoghe che consentono l'aspirazione di piccoli volumi d'aria, oppure apparecchi tipo termoprecipitatore o conimetro che non consentono l'uso di tecniche analitiche diverse da quella microscopica.

Questi vantaggi possono essenzialmente essere riassunti nei seguenti punti :

Netta riduzione dei tempi di analisi : mediante le tecniche gravimetriche è possibile per un solo tecnico espletare nel giro di qualche ora l'analisi di una trentina di campioni, inoltre durante i periodi di condizionamento delle membrane il tecnico può essere adibito ad altre mansioni. L'espletamento di un tal numero di analisi mediante tecnica microscopica richiederebbe un lavoro assai più lungo.

Riproducibilità dei risultati : uno dei più grossi svantaggi delle tecniche microscopiche consiste nella dipendenza dei risultati da fattori umani strettamente inerenti a colui che esegue l'analisi, e da fattori statistici, come conseguenza del fatto che l'analisi viene effettuata solo su una parte del preparato, sulla cui superficie non è garantita una omogenea distribuzione delle particelle di polvere. Con le tecniche gravimetriche queste difficoltà non sussistono in quanto la sensibilità della bilancia è un fattore costante ed il risultato della pesata è ovviamente riferito al 100 % del campione.

Lunga durata del prelievo : con apparecchiature che consentono prelievi di breve durata, è necessario eseguire una serie di prelievi o ad intervalli regolari di tempo oppure durante le diverse fasi di lavoro che talvolta si susseguono durante la giornata. I risultati ottenuti devono essere elaborati in modo da ottenere un unico dato che fornisca, quanto più fedelmente possibile, un valore rappresentativo della polverosità media giornaliera. Le apparecchiature di prelievo da noi utilizzate consentono un prelievo continuo durante tutta la giornata lavorativa; forniscono quindi un dato quanto mai fedele della polverosità media giornaliera dell'ambiente se usate come captatori statici, o della polverosità media a cui è stato esposto il singolo individuo durante la sua giornata lavorativa, qualora utilizzate come captatori personali.

È necessario inoltre tener presente che il conoscere soltanto il valore della concentrazione delle polveri non è sufficiente per una valutazione del rischio. Per una attendibile valutazione è necessaria la conoscenza di altre caratteristiche delle polveri in esame ed in particolare : la distribuzione granulometrica, la concentrazione della silice libera e di altri eventuali tossici. La diafanizzazione delle membrane, necessaria per l'analisi microscopica, consente solamente la determinazione della concentrazione numerica delle polveri e della distribuzione granulometrica oppure della percentuale numerica del quarzo (a seconda del solvente usato per la diafanizzazione), precludendo l'utilizzazione del campione per altre determinazioni. Le tecniche gravimetriche consentono una maggiore utilizzazione del campione stesso che rimane inalterato dopo la pesata e che può essere ancora utilizzato per altre determinazioni mediante tecniche analitiche non distruttive quali ad esempio quelle roentgenografiche. Con questa tecnica, mediante l'uso del porta campioni autofocalizzante, è possibile lavorare su campioni di polvere di peso inferiore al milligrammo. In tal modo è possibile ottenere, direttamente dalla membrana, un dato semiquantitativo sul contenuto in silice libera cristallina nella polvere oppure accertarne la assenza.

La curva di distribuzione granulometrica può essere determinata separando le polveri dalla membrana e disperdendole in una soluzione elet-

trolitica mediante ultrasuoni ed analizzando la sospensione così ottenuta mediante un Coulter Counter. Da nostre esperienze risulta che le curve di distribuzione ottenute per via microscopica sono sufficientemente comparabili a quelle ottenute mediante Coulter Counter.

Infine è utile mettere in evidenza che i campioni che si ottengono coi prelevatori gravimetrici possono essere utilizzati sia per le analisi microscopiche (con esclusione dei rari casi in cui sulla membrana sia depositato uno strato troppo denso di particelle) e sia per altre analisi chimiche o chimico-fisiche. In particolare vi è la possibilità di incenerimento della membrana, con successivo attacco chimico in modo da ottenere una soluzione suscettibile di analisi mediante spettrofotometria in assorbimento atomico, per la determinazione quantitativa di eventuali metalli tossici. Tali tecniche, per quanto estremamente sensibili, non sono utilizzabili su campioni ottenuti mediante apparecchiature di prelievo quali termoprecipitatore, conimetro, pompa a caduta di mercurio e simili, data la piccolissima quantità in peso della polvere raccolta.

Allo scopo di verificare i risultati di misure effettuate con captatori statici e personali, sono stati eseguiti dei prelievi in alcuni ambienti industriali, scelti in funzione delle loro differenti caratteristiche. Gli ambienti dove si sono svolte le indagini comprendevano una industria tessile, due sugherifici e due cantieri di una stessa miniera. L'industria tessile lavorava una materia prima costituita da fibra acrilica grezza ottenendo il filato. Tutte le lavorazioni si svolgevano con continuità in un unico vasto locale privo di correnti d'aria preferenziali che fossero in grado di orientare la polvere verso particolari settori dell'ambiente. Nei due sugherifici che avevano un carattere più artigianale che industriale, veniva lavorato il sughero grezzo per ottenere tappi, rotelle, agglomerati ed altri manufatti; gli ambienti erano assai irregolarmente disposti e spesso privi di efficaci sistemi di ventilazione e depurazione dell'aria. Non infrequentemente nello stesso ambiente si svolgevano lavorazioni diverse comportanti uno sviluppo di polvere di grado assai diverso. Spesso una stessa persona espletava successivamente delle mansioni che lo esponevano a diversi livelli di polverosità.

Per quanto riguarda i cantieri minerari (giacimento piombo-zincherifero con mineralizzazione a solfuri misti inclusi in ganga prevalentemente quarzosa), il primo consisteva in una coltivazione di notevoli dimensioni in cui si svolgevano in più punti le operazioni di perforazioni e di sgombero con autopala. La ventilazione naturale era garantita da un fornello di entrata ed uno di uscita dell'aria che, date le caratteristiche topografiche del cantiere davano luogo a correnti d'aria praticamente incontrollabili. Il secondo ambiente consisteva in un cantiere di dimensioni ridotte con circolazione d'aria forzata, nel quale, durante il periodo in cui sono stati eseguiti i prelievi, tre persone svolgevano le operazioni di perforazione ed armatura.

I risultati ottenuti nell'industria tessile (Tab. I) presentano una notevole omogeneità che risulta in accordo con le già esposte caratteristiche dell'ambiente e modalità di svolgimento del lavoro.

I captatori personali hanno mediamente rilevato una polverosità del 30 % superiore a quella rilevata dai captatori statici: ciò è verosimilmente da attribuire al fatto che le apparecchiature personali, portate addosso dai lavoratori, normalmente si trovavano più vicine alle sorgenti della polvere, rispetto alle apparecchiature statiche, geometricamente disposte all'interno del capannone.

TABELLA I

Risultati dei prelievi effettuati con captatori personali e statici nell'industria tessile.

REPARTO	PERSONALI mg/m ³	STATICI mg/m ³
Preparazione	0,35	0,28
	0,11	0,80
	0,09	0,13
Pettinatura	0,33	0,17
	0,16	0,15
	0,33	0,18
Filatura	0,19	0,09
	0,66	0,19
	0,30	0,20
	0,27	0,24
	0,04	0,10
Roccatura	0,26	0,11
	0,25	0,28
	0,23	0,28
	0,23	—
Binatura	0,13	0,11
	0,11	0,14
	0,24	0,10
	0,16	0,02
Ritorcitura	0,27	0,14
	0,13	0,39
	0,27	0,36
	0,24	0,30
Addetto pulizie	0,16	—
Valore medio	0,23	0,18

Nei due sugherifici (Tab. 2 e 3) si può ancora osservare come i captatori personali abbiano registrato una polverosità decisamente superiore a quella registrata dai captatori statici, ma non è più possibile riscontrare una omogeneità di dati; d'altra parte, come già rilevato, questo risultato era prevedibile in base alle caratteristiche di quel tipo d'industria.

TABELLA 2

Risultati dei prelievi effettuati con captatori personali e statici nella 1^a industria del sughero.

REPARTO	PERSONALI mg/m ³	STATICI mg/m ³
Macinazione	2,20	0,96
	1,26	0,68
	1,53	0,72
Macinelle	2,38	0,13
	1,70	0,41
		0,44
Forni catramati	4,65	1,22
	0,83	0,41
Forni essicatori	0,21	1,04
Segheria	0,04	0,43
	0,41	0,33
Capo fabbrica	0,52	—
Valore medio	1,43	0,61

TABELLA 3

Risultati dei prelievi effettuati con captatori personali e statici nella 2^a industria del sughero.

REPARTO	PERSONALI mg/m ³	STATICI mg/m ³
Cernita e lisciatura	0,52	
	0,87	0,26
	1,76	
Tornitura	0,87	0,61
	1,34	
Cammuffatura e parafinatura	1,06	
	2,95	0,65
	1,67	
Fustellatura	0,55	0,22

Un discorso a parte meritano i risultati ottenuti nei due cantieri minerari in esame. Nel primo cantiere minerario (Tab. 4) i dati raccolti rispecchiano la situazione ambientale descritta. Si può osservare come i vari addetti al cantiere siano stati esposti a livelli di polverosità nettamente diversi e come non sia possibile individuare una relazione tra i dati forniti dai captatori statici e da quelli personali. Nel secondo caso (Tab. 5) si può notare una minore variazione dei livelli di esposizione alla polvere dei singoli lavoratori, ed anche una certa omogeneità tra i risultati ottenuti con captatori statici e personali, dovuta alle più regolari caratteristiche topografiche e di

Risultati dei prelievi effettuati con captatori personali e statici nel 1° cantiere minerario.

MANSIONI O PUNTO DI PRELIEVO	PERSONALI mg/m ³	STATICI mg/m ³
Perforazione	0,49	1,25
	0,87	1,97
	0,14	—
Autopalista	1,36	—
	0,94	—
Fornello getto Bodolista	—	1,42
	0,56	—
Fornello entrata aria . .	—	0,29
Fornello uscita aria . .	—	3,49

Risultati dei prelievi effettuati con captatori personali e statici nel 2° cantiere minerario.

MANSIONI O PUNTO DI PRELIEVO	PERSONALE mg/m ³	STATICI mg/m ³
Perforazione	1,10	1,42
Armatura	0,79	1,15
	1,96	—
Fornello uscita aria . .	—	1,42

TABELLA 4

TABELLA 5

ventilazione di questo cantiere, in confronto a quelle del cantiere precedente.

Conclusioni

Il principale vantaggio delle tecniche di prelievo ed analisi descritte riteniamo consista nella possibilità di una efficace standardizzazione dei metodi e di un più facile confronto dei risultati ottenuti in diversi laboratori; la unificazione e la standardizzazione delle tecniche di prelievo e di analisi degli inquinanti dell'atmosfera è di particolare importanza nel campo dell'inquinamento di polveri. La metodica usata ci fornisce dei risultati che possono considerarsi validi non soltanto in cantieri di lavoro del tipo di quelli studiati ma più generalmente nella maggior parte delle situazioni ambientali riscontrabili nell'industria.

Noi abbiamo rilevato che la polverosità ambientale è frequentemente inferiore a quella misurabile con apparecchi che possono eseguire il prelievo nella immediata vicinanza delle vie respiratorie del singolo lavoratore; ciò è da attribuirsi al fatto che in un caso i captatori sono disposti secondo criteri che tendono allo studio delle caratteristiche di polverosità di un certo ambiente, mentre nell'altro i captatori, sistemati indosso a ciascun individuo, sono di norma più direttamente a contatto con i punti di origine della polvere. Ci pare ovvio che tra le due modalità di prelievo sia più utile ai fini di una valutazione del rischio da polveri quella che ci ragguaglia direttamente sull'entità della polvere inalabile dal singolo lavoratore. Questi dati potranno essere considerati indicativi per categorie che svolgano un identico lavoro solo nel caso di industrie caratterizzate da condizioni ambientali relativamente costanti, come ad esempio l'industria tessile da noi studiata, mentre costituiranno un indice di valore limitato al singolo individuo nel caso in cui la polverosità ambientale sia soggetta ad imprevedibili fluttuazioni (industria mineraria e del sughero).

Riassunto. — Dopo alcune considerazioni sulla utilizzazione delle tecniche gravimetriche nella valutazione del rischio pneumoconigeno, viene effettuato un confronto tra i risultati ottenibili con apparecchi di prelievo di tipo statico e personale nell'industria tessile, nell'industria del sughero, in cantieri minerari.

È stato rilevato come la polverosità ambientale (misurata con campionatori statici) è frequentemente inferiore a quella misurabile con apparecchi che possono eseguire il prelievo nelle immediate vicinanze delle vie respiratorie del singolo lavoratore.

Summary (*Considerations on the use of gravimetric techniques in the evaluation of the pneumoconigen hazard, and comparison between the results obtainable with static-type and personal drawing equipment*). — After setting forth some considerations on the use of gravimetric techniques in the evaluation of the pneumoconigen risk, a comparison is made between the results obtainable with static-type and personal drawing equipment in the textile industry, in the cork industry, in mining yards.

It was observed that the environmental dustiness (measured with the aid of static samplers) is frequently lower than that measurable with an equipment capable of drawing the dust in the immediate vicinity of the respiratory tract of each worker.