

Nocività nell'industria chimica: impianti elettrochimici per la produzione di cloro-soda con celle a catodo di mercurio^(*)

B. Mazza

In questa relazione sono esposti i risultati di un'indagine ambientale e medica gestita dai lavoratori in una azienda elettrochimica per la produzione di cloro e soda con celle a mercurio (la Elettrosolfuri di Tavazzano), indagine poi sfociata in una vertenza di bonifica ambientale. I risultati sono confrontati con quelli di precedenti indagini relative alla stessa produzione in altre aziende italiane (la Montedison a Mantova e a Priolo) ed estere.

(*) Relazione presentata alla 1^a Riunione scientifica della Divisione di Elettrochimica della Società Chimica Italiana. Palermo, 7-9 ottobre 1976.

Il modello cui si è ispirata l'esperienza descritta è quello, ormai consolidato nel movimento operaio e sindacale dopo la svolta del 1968-69, che consiste nel praticare il concetto della *non delega* a qualsiasi livello, il concetto della *validazione consensuale* (per cui, al di là di ogni pretesa « oggettività », l'unico parere valido è quello che viene espresso soggettivamente dai lavoratori) e, infine, nel considerare il *gruppo operaio omogeneo* come nucleo portante della lotta contro i fattori nocivi presenti nei posti di lavoro. Nell'ambito di tale modello le relazioni che intercorrono fra tecnici e lavoratori (gruppi omogenei) sono schematicamente esemplificate nella tabella 1⁽¹⁾.

Tab. 1 - Schema delle relazioni che intercorrono tra l'esperienza dei gruppi operai omogenei e l'esperienza dei tecnici nel controllo delle condizioni ambientali di lavoro

Indicazioni provenienti dall'esperienza dei gruppi operai omogenei

Descrizione del processo lavorativo	Fattori di nocività	Disturbi e malattie
Superiore e più completa di quella del tecnico (per la maggiore esperienza diretta degli operai e perché i processi lavorativi non sono mai gli stessi che sono progettati dai tecnici e che sono riprodotti nei libri, ma subiscono continue modifiche suggerite dalla esperienza pratica immediata).	Il gruppo omogeneo è l'unico rivelatore dei fattori ambientali non misurabili con strumenti (ad esempio: le cause di effetti stancanti). Per quanto riguarda gli altri fattori misurabili con strumenti non sa come, cioè con quali strumenti e con quali tecniche fare le misurazioni. Sa, in parte, dove effettuare i prelievi (ad esempio, per i gas, i fumi, i vapori, sa che il prelievo va fatto sempre a livello della bocca). Sa quando fare le misurazioni, cioè i momenti della lavorazione quasi sempre influenzati da fattori specifici aziendali, che soltanto chi conosce a fondo il processo lavorativo può porre in evidenza.	Possibilità di stabilire il rapporto causale attraverso il metodo epidermiologico. Cioè il gruppo sa dove ricercare le cause di danno comprese quelle che provocano effetti stancanti e sa porle in relazione ai fattori ambientali (il gruppo lo fa sul numero di coloro che presentano certi disturbi e malattie in rapporto alla presenza di fattori ambientali come le polveri, i fumi, i gas, i vapori, i ritmi eccessivi, ecc.).

Indicazioni provenienti dall'esperienza dei tecnici

Rischi presumibili	Rilevazioni ambientali	Controlli sull'uomo (visite mediche ed esami necessari)
Possibilità di indicare i rischi potenziali che il gruppo non ha rilevato (e che il tecnico conosce, in parte, attraverso l'esperienza della medicina in campo mondiale). Difficoltà e/o impossibilità a stabilire il rapporto casuale (necessità di ricorrere all'esperienza derivante dall'osservazione del gruppo omogeneo).	Sa come misurare i fattori ambientali, spesso sa anche dove effettuare le misurazioni (ad esempio: conosce il peso specifico dei gas e sa se misurarli in alto o in basso e con quali strumenti e tecniche di prelievo). Non sa quando effettuare le misurazioni. I momenti e, in parte i punti di prelievo, gli debbono essere indicati dal gruppo operaio omogeneo. Non sa nè dove, nè come, nè quando misurare i fattori che determinano effetti stancanti. Il tecnico quindi deve integrare la propria esperienza con quella del gruppo per le rilevazioni ambientali con strumenti. Per gli altri fattori non misurabili deve imparare a utilizzare la capacità diagnostica ed epidemiologica del gruppo operaio omogeneo, cioè la valutazione « soggettiva » del gruppo.	Sa quali esami medici e quali analisi di laboratorio. Per fare il programma delle visite di controllo sui lavoratori, cioè per stabilire quali visite mediche e quali analisi e altri esami di laboratorio e la relativa periodicità deve prima aver definito col gruppo operaio omogeneo, tutti i fattori di nocività, cioè tutti i rischi e tutti i danni presumibilmente legati alla lavorazione.

Tab. 2 - Articolazione in reparti della fabbrica considerata

Reparto	Fasi del ciclo produttivo
Salamoia	In appositi serbatoi e vasconi avviene il «degaso», l'arricchimento fino al 30% e la depurazione della soluzione di cloruro di sodio.
Elettrolisi	In celle elettrolitiche a catodo di mercurio e anodo di grafite avviene l'elettrolisi del cloruro di sodio con produzione di cloro all'anodo e di un amalgama di sodio al catodo. Il cloro viene aspirato e convogliato a successivi reparti di lavorazione. L'amalgama di sodio, in appositi disamalgamatori o riduttori, reagisce con acqua dando idrogeno e soda caustica, oppure con polisolfuro di sodio (Na_2S_4) in soluzione producendo solfuro di sodio (Na_2S). Il mercurio viene recuperato e riciclato nelle celle.
Cloro liquido	Il cloro gassoso giunge essiccato dalla sala elettrolisi, viene compresso, raffreddato in impianti frigoriferi al freon e inviato allo stato liquido ai serbatoi di stoccaggio.
Compressione idrogeno	L'idrogeno proveniente dal gasometro viene compresso a 200 atm e immagazzinato in bombole.
Acido cloridrico	Il cloro e l'idrogeno provenienti dalla sala elettrolisi, combinandosi tra loro in appositi forni di sintesi, danno acido cloridrico gassoso che viene quindi sciolto in acqua in modo da ottenere una soluzione al 32-35%.
Ipoclorito	Il cloro gassoso proveniente dalla sala elettrolisi, dal reparto salamoia (fase di «degaso»), dal reparto acido cloridrico, dal reparto cloro liquido («scappamento») e dal degassaggio di serbatoi, cisterne, ecc. viene fatto reagire con soluzione di soda caustica, ottenendo così ipoclorito di sodio (NaClO).
Soda	L'idrossido di sodio in soluzione proveniente dalla sala elettrolisi viene diluito e raccolto in vasche e serbatoi.
Solfuro	Dalla sala elettrolisi giunge il solfuro di sodio in soluzione che viene successivamente concentrato fino al 61%, trasformato in scaglie e immagazzinato. Una parte del solfuro viene fatta reagire con zolfo in apposite caldaie, riformando il polisolfuro di sodio per l'alimentazione dei riduttori a solfuro.
Solfidrato	Idrogeno e zolfo reagiscono in un forno di sintesi producendo solfuro d'idrogeno gassoso; questo viene fatto poi gorgogliare in caldaia in una soluzione di Na_2S ottenendo solfidrato di sodio (NaHS) al 37% che, dopo diluizione fino al 30%, viene immagazzinato allo stato liquido o che, dopo concentrazione al 72%, viene immagazzinato allo stato solido in scaglie o in blocco unico. Il solfuro d'idrogeno che si utilizza per la preparazione del solfidrato viene ottenuto anche mediante reazione in caldaia fra solfuro di bario e acido cloridrico al 30%.

N.B.: Esistono inoltre i seguenti altri reparti: movimentazione, centrale elettrica e officina di manutenzione elettrica, officina meccanica, servizi generali (officina materie plastiche, muratori, falegnameria), ecc.

Punto di partenza del lavoro è stata l'analisi globale del ciclo produttivo per fasi, l'individuazione di tutte le sostanze in gioco (materie prime, prodotti intermedi e finali) con le loro caratteristiche chimiche e fisiche, la definizione delle posizioni di lavoro con l'individuazione dei gruppi operai omogenei e la precisazione delle diverse mansioni, delle operazioni svolte per tempo e frequenza, dei tipi di contatto con le diverse sostanze con la relativa frequenza, ecc. (vedi successivamente tabella 2, figura 1, tabella 3, tabella 4 (2)). Ciò ha permesso di conoscere a fondo i punti di nocività e di rischio presenti e di sviscerare nei suoi molteplici aspetti l'organizzazione del lavoro in fabbrica: presupposti, questi ultimi, necessari per stabilire i luoghi in cui svolgere le rilevazioni ambientali, il tipo di esami clinici da promuovere

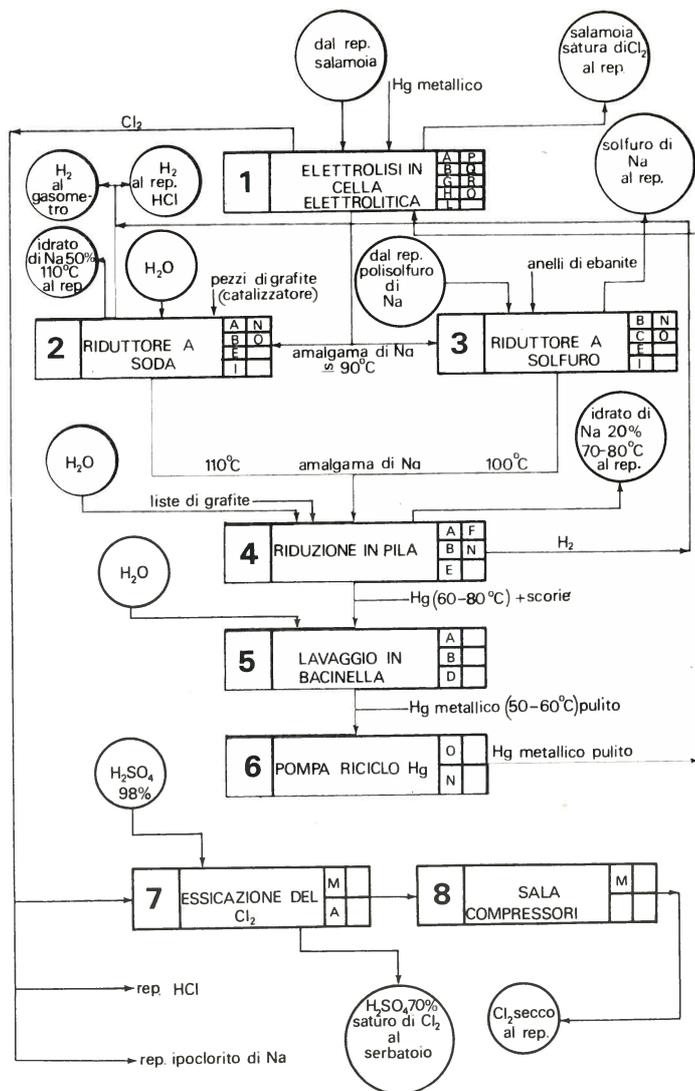


Fig. 1 - Schema del ciclo lavorativo del reparto elettrolisi. N.B.: I numeri si riferiscono alle fasi del processo lavorativo, le lettere alle singole posizioni di lavoro.

fra i lavoratori, le bonifiche ambientali e le modifiche necessarie per eliminare la nocività.

Sono state così richieste ed effettuate:

1) Un'indagine clinica di massa sull'apparato respiratorio (raccolta di una anamnesi mirata tramite questionario, schermografia del torace, prove spirometriche, visita medica), in relazione alla presenza di gas, vapori e polveri irritanti, quali cloro, acido cloridrico, zolfo e derivati solforati. Di tutte queste sostanze è ampiamente nota l'azione irritante sulle mucose (nota 1). Tale indagine è stata effettuata dal Consorzio Provinciale Antitubercolare di Milano.

2) Un'indagine audiometrica di massa, in relazione alla presenza di rumori, articolata nelle seguenti fasi:

- analisi ambientale (valutazione soggettiva);
- analisi clinica (raccolta di un'anamnesi mirata tramite questionario e rilievo della curva audiometrica (nota 2)).

Tale indagine è stata effettuata dal Consorzio Provinciale Antitubercolare di Milano.

3) Un'indagine sul rischio e sui danni da mercurio (nota 3) nel reparto elettrolisi, articolata nelle seguenti fasi:

Tab. 3 - Descrizione del processo nel reparto elettrolisi
(i numeri corrispondono alla figura 1)

Fasi del processo	Sostanze in gioco	Fasi del processo	Sostanze in gioco
1) La salamoia (soluzione di NaCl al 30%, pH 4-5, temperatura 60-68 °C) entra nella cella elettrolitica a catodo di mercurio e anodo di grafite. Nella cella avviene, con sviluppo di calore variabile (parte del quale assorbito dalla soluzione che si riscalda fino a 90 °C e parte dall'ambiente), l'elettrolisi del cloruro di sodio con formazione di amalgama di sodio e di cloro gassoso secondo la seguente reazione: $2 \text{NaCl} (+\text{Hg}) \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{Na}_{\text{Hg}}$	Cloruro di sodio (soluzione al 23-30%), mercurio, amalgama di sodio, cloro gassoso, grafite, corrente elettrica.	giunta di acqua e in presenza di listarelle di grafite (catalizzatore), un'ulteriore disamalgamazione con formazione di idrossido di sodio (soluzione al 20%, a 70-80 °C), di idrogeno gassoso e di mercurio metallico. Si osservi che nel riduttore a solfuro il mercurio all'uscita è ancora amalgamato con notevoli quantità di sodio.	idrogeno gassoso, grafite.
2) L'amalgama di sodio viene fatto reagire con acqua su pezzi di grafite (catalizzatore) nel riduttore a soda. Avviene la decomposizione dell'amalgama con formazione di soda (soluzione al 45-50%), sviluppo di idrogeno gassoso e riottenimento di mercurio metallico, secondo la reazione: $2 \text{Na}_{\text{Hg}} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{NaOH} + \text{H}_2 (+\text{Hg})$ La reazione avviene con sviluppo di calore che in parte viene ceduto all'ambiente, in parte alla soda caustica (110 °C) e in parte all'acqua di raffreddamento.	Mercurio, amalgama di sodio, idrossido di sodio, idrogeno gassoso, grafite.	5) Il mercurio metallico deposita nella bacinella le scorie (chiamate « burri ») che trascina con sé. Tale deposizione è rilevante soprattutto nelle bacinelle delle celle a solfuro. Dalla bacinella aperta (dove il mercurio è ricoperto da uno strato d'acqua a 50-70 °C) i « burri » vengono asportati manualmente dai lavoratori addetti.	Mercurio, « burri » (contenenti amalgama di sodio, idrossido di sodio, ossidi ferrosi e ferrici, solfuro ferroso, solfuro di mercurio, cloro di mercurio, grafite, ecc.).
3) Nel riduttore a solfuro, riempito con anelli di ebanite, all'amalgama di sodio si aggiunge polisolfuro di sodio (Na ₂ S ₄) in soluzione, ottenendo così solfuro di sodio (soluzione al 33%) e mercurio metallico, secondo la seguente reazione: $\text{Na}_2\text{S}_4 + 6 \text{Na}_{\text{Hg}} \rightarrow 4 \text{Na}_2\text{S} (+\text{Hg})$ La reazione avviene con sviluppo di calore, che viene in parte smaltito dal raffreddamento, in parte ceduto al solfuro di sodio (100 °C) e in parte ceduto all'ambiente.	Mercurio, amalgama di sodio, polisolfuro di sodio, solfuro di sodio, ebanite.	6) Il mercurio metallico pulito delle bacinelle viene riciclato, tramite pompa, all'entrata delle celle elettrolitiche.	Mercurio metallico.
4) Il mercurio, che entra nella «pila» amalgamato ancora in parte con il sodio, subisce, con ag-	Mercurio, amalgama di sodio, idrato di sodio,	7) Il cloro gassoso, prodotto dal processo di elettrolisi, viene aspirato e inviato alle varie utilizzazioni, in particolare per la produzione di cloro liquido. Per tale produzione necessita l'essiccazione alimentate con acido solforico concentrato del cloro, che avviene in torri a riempimento (98%), onde ridurre l'umidità a valori di non corrosione ferrosa. L'acido solforico viene utilizzato fino a quando la sua concentrazione si mantiene superiore al 70%.	Acido solforico (98-70%), cloro gassoso.
		8) Il cloro gassoso arriva ai compressori rotativi ad anello di acido solforico concentrato e da questi, a una pressione di 2-2,5 atm. viene inviato alla liquefazione negli impianti frigoriferi al freon.	Acido solforico, cloro gassoso.

- valutazione dell'inquinamento dell'ambiente di lavoro con vapori di mercurio (nota 4);
- valutazione della concentrazione di mercurio nelle urine [idrargiruria (nota 5)];
- valutazione dello stato di salute [raccolta di un'anamnesi mirata tramite questionario, visita medica e determinazione di alcuni indici biologici, quali l'attività della colinesterasi (nota 6) e la presenza di proteine del sangue nelle urine (nota 7)];
- indagine clinica neurologica [raccolta anamnestica, esami neurologici (nota 8)];
- indagine elettrofisiologica [elettromiografia (nota 9)];
- indagine psicometrica (mediante due questionari che esplorano rispettivamente la percezione del lavoro e gli aspetti della personalità — nevroticismo ed estroversione — e un test che esplora il fattore generale dell'intelligenza).

Le indagini di cui al punto 3) sono state effettuate dalla Clinica del Lavoro L. DEVOTO e dall'Istituto Neurologico C. BESTA di Milano.

4) Un'indagine sul microclima del reparto elettrolisi, effettuata dal Laboratorio d'Igiene Industriale della Clinica del Lavoro di Milano.

La funzione delle visite di massa è di riconoscere le malattie del lavoro appena si manifestano o, meglio ancora, prima ancora che si stabilisca la malattia conclamata, mediante segni « preclinici » che si mettono in evidenza con

particolari esami clinici particolarmente raffinati (ad es. gli stessi esami cui sono stati sottoposti presso l'Istituto Neurologico C. BESTA di Milano i lavoratori del reparto elettrolisi o comunque esposti a mercurio). Ciò è molto importante perché permette di intervenire quando la malattia è ancora in fase guaribile o non si è ancora manifestata, ma soprattutto perché permette di intervenire a bonificare l'ambiente per escludere che altri lavoratori vengano colpiti dalla stessa malattia nello stesso ambiente di lavoro.

Naturalmente, perché i dati raccolti sia con le analisi ambientali che con gli esami clinici siano utilizzati non solo in funzione del singolo, ma anche in funzione della collettività, è necessaria la loro elaborazione e valutazione statistica, che dimostri l'esistenza di un rapporto tra determinati fattori ambientali e alterazioni dell'organismo (in confronto anche con altri fattori non dipendenti dalla fabbrica che potrebbero intervenire a determinare le alterazioni stesse), portando così a una più approfondita conoscenza dei fattori nocivi presenti nell'ambiente di lavoro, premessa indispensabile per l'individuazione di una corretta linea di bonifica.

Le indicazioni per una bonifica ambientale in particolare del reparto elettrolisi sono state formulate con l'aiuto di tecnici di fiducia dei lavoratori dell'Istituto di Elettrochimica del Politecnico di Milano.

La trattativa condotta dai lavoratori con la direzione aziendale per il tramite dei loro rappresentanti, ha portato a concordare soluzioni di bonifica dell'ambiente attualmente in corso di realizzazione.

Tab. 4 - Posizioni lavorative e mansioni all'interno dello schema produttivo del reparto elettrolisi (*)
(le lettere e i numeri corrispondono alla figura 1)

Posizioni lavorative e mansioni	Fasi del processo seguite	Posizioni lavorative e mansioni	Fasi del processo seguite
A) Capo-turno Non ha una posizione di lavoro ben definita, in quanto esegue prevalentemente un lavoro di vigilanza degli impianti e di direzione della squadra, intervenendo nelle varie fasi in caso di necessità. Inoltre suoi compiti fissi sono: — controllo dell'alimentazione della salamoia all'ingresso delle celle; — controllo dell'alimentazione dell'acqua all'entrata delle pile; — controllo della densità della soluzione di idrossido di sodio alle pile (due volte per turno); — controllo della densità dell'acido solforico alle torri di essiccamento del cloro (una volta per turno).	1 4 4 7	— circolazione di mercurio (non ricoperto di acqua) per valutare il livellamento del fondo della cella; — eventuale operazione di livellamento effettuata agendo sui regolatori sotto la cella, mediante apposite chiavi; — chiusura celle, attraverso la riposizione degli anodi e dei quadri e la loro stuccatura; — a cella coperta, aggiunta di mercurio nella bacinella.	
B) Analisti Lavorano prevalentemente alla testata delle celle, compiendo le seguenti operazioni: — controllo della densità e temperatura della salamoia all'entrata e all'uscita delle celle (una volta per turno); — analisi del cloro e dell'idrogeno (una volta per turno); — spostamento manuale del cavallotto per il cambio destinazione del cloro prodotto dall'elettrolisi alle diverse utilizzazioni (cloro liquido, acido cloridrico, ipoclorito di sodio), secondo le esigenze produttive; — aggiunta di acqua alla testata delle celle; — lavaggio dei passaggi dell'amalgama di sodio all'uscita delle celle (una volta per turno); — controllo della densità della soluzione di idrossido di sodio nei riduttori; — aggiunta di acqua alle bacinelle di mercurio (una volta per turno).	1 1 1 1 2 5	H,T) Pulizia rame — smontaggio, pulizia (con spazzola rotativa) e montaggio dei flessibili in rame e dei morsetti in ottone; — pulizia dei contatti e coltelli di rame delle celle; — pulizia dei gambi degli anodi; — preparazione dello stucco per la sigillatura della copertura delle celle, recuperato dalla squadra della pulizia celle. I) Verniciatori — raschiatura e verniciatura dei riduttori; — raschiatura e verniciatura in tutto il reparto, anche di apparecchiature ancora calde. L) Abbassamento anodi — misurazione del voltaggio delle celle; — abbassamento anodi di grafite.	1 e altre 2,3 — 1 1 7,8
C) Bianco e rosso Lavora ai riduttori a solfuro con i seguenti compiti: — controllo dell'uscita dell'amalgama di sodio dalle celle nell'apposita cassetta; — regolazione dell'entrata del polisolfuro nel riduttore; — controllo dell'avvenuta reazione del polisolfuro con l'amalgama di sodio (se la soluzione d'uscita è colorata in rosso la disamalgamazione è stata parziale e quindi viene riciclata fino a quando non diventa bianca); — controllo della densità delle soluzioni di polisolfuro e di solfuro di sodio.	1 3 3 3	M) Essiccamento cloro — alimentazione e scarico di acido solforico; — cambio delle pompe e manutenzione. N) Meccanici — smontaggio, manutenzione, riempimento con pezzi di grafite e montaggio dei riduttori a soda e a solfuro; — smontaggio, manutenzione, riempimento con listarelle di grafite e montaggio delle pile; — smontaggio e montaggio delle pompe per il riciclo del mercurio; — frantumazione della grafite per il riempimento dei riduttori a soda; — foratura delle liste di grafite e loro montaggio in batterie per le pile.	2,3 4 6 — —
D) Pulizia bacinelle — pulizia delle bacinelle dai « burri » (asportazione effettuata mediante un mestolo il cui contenuto è versato in appositi secchi); — aggiunta di acqua alle bacinelle.	5 5	O) Manutenzione elettrica — manutenzione elettrica del reparto (impianti di segnalazione); — smontaggio e montaggio (parte elettrica) delle pompe di riciclo del mercurio. P) Muratori — rottura con martello pneumatico e rifacimento del fondo in cemento e messa in posa delle sponde in sienite delle celle; — manutenzione fondo e sponde celle.	1, 2, 3 6 1 1
E) Recupero mercurio — raccolta delle melme presenti nelle bacinelle poste sotto i riduttori; — recupero del mercurio dai « burri » e dalle melme mediante impasto con Ca(OH) ₂ (operazione fatta nel sottosala su piani inclinati, dai quali il mercurio scivola in appositi secchi, mentre i residui, infustati, vengono trasportati alla distilleria mercurio).	2,3 —	Q) Manutenzione meccanica — manutenzione meccanica delle celle e tubazioni collegate; — preparazione delle tubazioni. R) Falegnami — pavimentazione e manutenzione di scale e travi.	1 — —
F) Pulizia Pulizia della sala celle e del sottosala, effettuata con scopa a mano.	—	S) Viplisti — manutenzione e sostituzione delle tubazioni in vipla; — lavorazione della vipla; — rivestimento dei tubi in vipla con lana di vetro.	— — —
G) Pulizia celle La squadra lavora sulla cella ferma ancora calda. Le operazioni da compiere sono le seguenti: — lavaggio con acqua della cella ancora chiusa; — pulizia dei quadri di copertura delle celle e loro rimozione dopo asportazione dello stucco; — rimozione degli anodi di grafite, loro lavaggio con acqua e loro livellamento con pialla meccanica rotativa; — rimozione dei « burri » dal fondo della cella; — levigazione del pavimento della cella con smerigliatrice meccanica;	1 e altre	U,V) Impiegati e capo-reparto — lavoro d'ufficio; — suddivisione e controllo del lavoro di reparto; — mansioni direttive di reparto. Z) Analista di laboratorio — analisi del cloruro di sodio; — lavoro di laboratorio in genere.	— — —

(*) Situazione prima della vertenza per la bonifica ambientale.

Risultati dell'indagine medica e ambientale

I risultati delle diverse indagini sono riportati e discussi qui di seguito.

INDAGINE SULL'APPARATO RESPIRATORIO (1)

I risultati sono sintetizzati nelle tabelle 5 e 6. In esse per « normali » si intendono i soggetti che non presentano affe-

zione respiratoria in atto. Per « anamnesi di bronchite cronica » si intendono i casi che lamentano per almeno tre mesi all'anno tosse e catarro, senza tuttavia presentare ancora una riduzione della funzione ventilatoria. Per « bronchite cronica », infine, si intendono i casi in cui la tosse e l'espettorato si accompagnano a una compromissione stabile della funzione respiratoria.

La tabella 5 è stata costruita nel modo seguente:

Tab. 5 - Patologia respiratoria riscontrata nei diversi reparti della fabbrica considerata

Reparto	Lavoratori N.	Età media anni	Normali N. (%)	Anam. br. cronica N. (%)	Bronch. cronica N. (%)
Solfidrato	7	45,15	1 (14,3)	4 (57,1)	2 (28,6)
Cloro	36	46,5	11 (30)	15 (42)	10 (28)
Solfuro	30	49,60	17 (56,7)	4 (13,3)	9 (30)
Muratori e manutenzione	16	51,7	9 (56,2)	1 (6,2)	6 (37,5)
Elettrolisi	75	44,0	47 (62,6)	14 (18,7)	14 (18,7)
Salamoia	12	40,4	8 (66,6)	1 (8,3)	3 (25)
Officina	30	36	23 (76,7)	2 (6,7)	5 (16,6)
Servizi vari	45	43,8	35 (77,7)	8 (17,7)	2 (4,4)

N.B.: Nel reparto cloro sono riuniti anche i reparti acido cloridrico e ipoclorito. Nel reparto servizi vari sono riuniti 2 operai del reparto idrogeno, i falegnami, i viplisti, gli elettricisti, gli addetti alla portineria, alla centrale termica, ai trasporti, alla mensa, e i dirigenti. Nel reparto muratori sono compresi anche gli addetti alla manutenzione che svolgono la loro opera all'aperto.

a) da essa sono stati esclusi tutti i soggetti con meno di 12 mesi di anzianità di lavoro presso l'azienda, all'atto dell'indagine;

b) i soggetti all'atto dell'indagine adibiti a lavori senza o con scarso rischio, ma con più di 5 anni di permanenza in reparti a rischio lavorativo maggiore, sono stati considerati come facenti parte di questi ultimi;

c) i reparti con caratteristiche presumibilmente simili quanto a rischio sono stati riuniti, onde ottenere gruppi numericamente più consistenti e quindi più significativi.

I reparti o raggruppamenti di reparti considerati, pur con alcune differenze fra loro quanto a età media (in particolare nell'officina l'età media è decisamente più bassa), e a consumo di sigarette (la percentuale dei fumatori nei diversi reparti varia dal 55 al 100%) (nota 10), possono considerarsi discretamente paragonabili. Quindi le diverse percentuali dei soggetti patologici (dall'85% del reparto solfidrato al 22% dei servizi vari) indicano abbastanza chiaramente l'esistenza di reparti a rischio lavorativo maggiore e individuano gli obiettivi prioritari degli indispensabili interventi di bonifica ambientale. Analoghe conclusioni si possono trarre considerando solo le percentuali dei bronchitici cronici, cioè di soggetti in cui la sintomatologia bronchitica si accompagna ad alterazioni obiettivamente rilevabili. Il maggior numero di « bronchiti croniche » nel gruppo muratori è in parte spiegabile con l'età media più elevata, e in parte è da riferire a un effettivo rischio lavorativo legato all'esposizione prolungata a fattori climatici sfavorevoli.

Tab. 6 - Confronto riassuntivo fra i risultati dell'indagine sull'apparato respiratorio svolta presso la fabbrica considerata (caso A) e i risultati di tutte le indagini eseguite dal Consorzio Provinciale Antitubercolare di Milano nel corso dell'anno 1973 presso ditte diverse, con e senza rischio specifico per l'apparato respiratorio (grafici, chimici, meccanici, dipendenti ENEL, ceramiche) (caso B)

Caso	Normali N. (%)	Anam. br. cronica N. (%)	Bronch. cronica N. (%)	Altra patologia N. (%)	Totale
A	166 (58,6)	53 (18,7)	53 (18,7)	11 (4)	283
B	5 955 (76)	1 098 (14)	411 (5)	254 (3)	7 808

Ma il dato più importante è fornito dalla percentuale complessiva dei soggetti broncopatici (casi con « anamnesi di bronchite cronica » + casi con « bronchite cronica ») riscontrata nella fabbrica, percentuale decisamente più elevata di quella media riscontrata in analoghe indagini su altre popolazioni di lavoratori (tabella 6) e che sottolinea quindi l'esistenza di un alto rischio di contrarre la bronchite cronica per tutti i lavoratori della fabbrica considerata. Evidentemente gli agenti nocivi presenti, rappresentati essenzialmente da gas e vapori irritanti (Cl_2 , HCl , H_2S , SO_2), agiscono non solo a livello del reparto dove si sprigionano, ma, per la loro capacità a diffondersi, possono interessare anche lavoratori di altri settori. Per esempio, a detta dei lavoratori, le improvvise fughe di gas cloro sono relativamente frequenti e costituiscono, per le persone che ne sono interessate (e non solo le persone immediatamente vicine, ma anche individui relativamente distanti), delle vere e proprie piccole intossicazioni acute.

INDAGINE AUDIOMETRICA (*)

In via preliminare si è provveduto all'individuazione delle fonti di rumore presenti nella fabbrica.

In base al disagio soggettivamente avvertito dai lavoratori esposti, la rumorosità ambientale è stata graduata in 4 livelli, da — (minimo di rumore) a +++ (massimo di rumore), e con questo criterio sono stati classificati i reparti e le varie posizioni di lavoro (fig. 2).

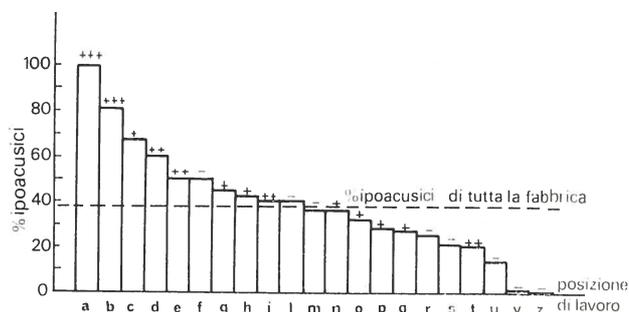


Fig. 2 - Confronto tra percentuale di ipoacusici da rumore nelle varie posizioni di lavoro e valutazione soggettiva della rumorosità. N.B.: a = falegnami; b = elettricisti turnisti; c = solfuro turnisti carico zolfo; d = soda; e = edili sala elettrolisi; f = solfuro turnisti carico sacchi; g = salamoia turnisti; h = altri edili; i = idrogeno; l = solfuro normalisti e solfidrato; m = portineria, pesa; n = acido, ipoclorito, carico bombole e cisterne; o = officina; p = elettricisti normalisti e addetti centrale elettrica; q = sala elettrolisi; r = viplisti; s = movimentazione (scarico sale, carico e scarico, carico liquidi); t = solfuro turnisti caldaisti; u = magazzino, laboratorio, impiegati amministrativi, addetti pulizia uffici; v = salamoia normalisti; z = diluizione, manutenzione.

Passando ai risultati dell'analisi clinica, è da rilevare che, su 239 lavoratori esaminati, in ben 148 casi (62%) la curva audiometrica non era normale: per 90 pazienti (38% degli esaminati) l'alterazione era sicuramente espressiva di un danno da rumore, e in 12 di questi (5% degli esaminati) la lesione determinava sordità socialmente rilevante. Nei restanti 58 essa era riconducibile a esiti di pregressa malattia dell'orecchio.

Nella popolazione esaminata esiste, in generale, un preciso rapporto di causa-effetto tra esposizione a rumore (subita globalmente da ognuno dei lavoratori nel corso di

tutta la carriera, sia presso l'azienda considerata che durante precedenti mansioni in altre aziende) e comparsa di ipoacusia. Ma anche analizzando la popolazione di lavoratori esposta a rumore solo nell'azienda considerata, in modo da escludere l'influenza di precedenti attività lavorative, si è verificata ancora la presenza di un rapporto significativo fra rumore e ipoacusia e, in particolare, si è osservato come la percentuale di ipoacusici aumenti in stretta correlazione alla durata dell'esposizione (nota 11). Tutto ciò sta a indicare che il rumore presente all'interno dell'azienda in esame è nocivo, avendo sicuro effetto lesivo sull'apparato uditivo degli addetti.

La distribuzione nei vari reparti e posizioni di lavoro della percentuale di ipoacusici da rumore è sinteticamente espressa nella figura 2, la quale, oltre a fornire le indicazioni per le misure di bonifica (indispensabili per il gruppo dei falegnami ed elettricisti turnisti), mostra la buona corrispondenza riscontrata, sia in generale sia a livello delle singole posizioni di lavoro, tra i rilievi clinici e i giudizi di rumorosità formulati soggettivamente attraverso la validazione dei gruppi omogenei di lavoratori. Questa è una ulteriore conferma della validità *scientifica* di questo metodo di analisi ambientale, che va sempre applicato contemporaneamente ai rilievi strumentali.

INDAGINE SUL RISCHIO E SUI DANNI DA MERCURIO NEL REPARTO ELETTROLISI (*)

Valutazione dell'inquinamento nell'ambiente di lavoro con vapori di mercurio

In 30 determinazioni della concentrazione atmosferica dei vapori di mercurio effettuate in diverse posizioni e nel corso di diverse operazioni di lavoro nel reparto elettrolisi, non si sono mai riscontrati valori inferiori al livello del MAC (*) ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Concentrazioni particolarmente elevate sono state riscontrate a livello delle testate delle celle, fino a valori di circa 5-6 volte superiori al MAC. Anche in fase di manutenzione delle celle le concentrazioni si mantengono molto elevate, così come nella fase di ricupero del mercurio. Comunque tali rilevazioni mostrano come la permanenza per attività lavorative diverse nella sala elettrolisi sia di per sé occasione di esposizione a vapori di mercurio, prima ancora della singola posizione di lavoro.

Valutazione della concentrazione di mercurio nelle urine e valutazione dello stato di salute (visita medica e alcuni indici biologici)

La popolazione esaminata è stata di 103 lavoratori, comprendenti le maestranze del reparto elettrolisi (70), 1 operaio addetto alla distilleria del mercurio, lavoratori che per motivi vari (prevalentemente di manutenzione) saltuariamente svolgono attività lavorativa nella sala elettrolisi (19) e infine lavoratori che in precedenza sono stati occupati nella sala elettrolisi e che attualmente lavorano in altri reparti della fabbrica stessa (13).

Per la valutazione statistica dei dati ottenuti è stato preso in considerazione un « indice di rischio » (nota 12) definito come segue.

Poiché, come si è visto, le concentrazioni di mercurio atmosferico rilevate nelle varie posizioni lavorative hanno evidenziato una distribuzione abbastanza uniforme della suddetta sostanza tossica nell'ambiente di lavoro, ne consegue che non è necessariamente la posizione di lavoro il fattore discriminante la possibilità di esposizione ai vapori di mer-

curio, ma che la stessa permanenza in sala elettrolisi è fattore di esposizione. Riveste quindi particolare significato l'anzianità lavorativa di sala (oltre che le ore trascorse nella sala elettrolisi e quindi i fattori a queste connessi: straordinari, lavori a turni, ecc.). Di conseguenza, l'indice rischio potrà essere ottenuto moltiplicando l'anzianità lavorativa per dei valori di intensità di esposizione al mercurio nelle varie posizioni lavorative.

Ora, se si analizzano per tre raggruppamenti fondamentali di posizioni lavorative i corrispondenti livelli attuali di mercurio nelle urine (tabella 7), si può osservare come essi si trovino in una scala di rapporti di circa 1, 1/2, 1/4. L'indice di rischio è stato quindi ottenuto moltiplicando queste presupposte intensità di esposizione ai vapori di mercurio per gli anni di anzianità lavorativa [in altre parole: pesando l'anzianità lavorativa con un fattore moltiplicativo pari a 1, 1/2 o 1/4 a seconda che la posizione lavorativa fosse compresa rispettivamente nel gruppo I (esposizione maggiore), II (esposizione inferiore) o III (esposizione ancora inferiore) della tabella 7, ovvero a seconda che il corrispondente livello di mercurio urinario fosse rispettivamente situato intorno a 100, 50 o $10 \mu\text{g}/\text{l}$].

Tab. 7 - Fattore che tiene conto della posizione lavorativa nella definizione dell'indice di rischio

Posizione di lavoro	Gruppo I (a esposizione maggiore)	Gruppo II (a esposizione inferiore)	Gruppo III (a esposizione ancora inferiore)
	B, D, E, F, G, N, P, T, Z, C distilleria Hg	A, C, L, I, O, V	Z, T, R, M, S, V, O, U
Concentrazione di Hg urinario ($\mu\text{g}/\text{l}$)	107,16 \bar{X} (*) 69,97 d.s. (*)	44,29 \bar{X} (*) 28,64 d.s. (*)	10,00 \bar{X} (*) —
Scala rapportativa	1	1/2	1/4

N.B.: Le lettere si riferiscono alle posizioni di lavoro in precedenza descritte (fig. 1 e tab. 4).
(*) \bar{X} = valore medio; d.s. = deviazione standard.

Per quanto riguarda i risultati dell'indagine qui riportata, si sono riscontrate correlazioni significative:

- tra indice di rischio e mercurio urinario, il che conferma come, in particolar modo a livello di studio di una popolazione e non individuale, nonostante tutti i fattori che interferiscono (nota 13), il dosaggio del mercurio urinario sia un buon indice di valutazione globale dell'esposizione (nota 14);
- tra indice di rischio e attività colinesterasica eritrocitaria (nota 15), fatto che conferma l'ipotesi di un'azione del mercurio a livello enzimatico e verifica sulla popolazione presa in esame, globalmente considerata, la presenza di un'iniziale alterazione di tipo biochimico.

Non si sono invece potute trarre conclusioni definitive in merito a un'eventuale relazione tra esposizione a mercurio e danno renale.

Indagine clinica neurologica, indagine elettrofisiologica e indagine psicometrica

La popolazione complessivamente esaminata è stata ancora quella dei 103 lavoratori indicati precedentemente.

(*) MAC = massima concentrazione tollerabile.

Essa si è tuttavia ristretta a 86 soggetti nel caso dell'indagine clinica neurologica, essendosi escluse 17 persone per le quali non è stato possibile valutare con sufficiente precisione l'indice di rischio calcolato tenendo conto della posizione di lavoro e del periodo di esposizione in anni, secondo quanto descritto prima. Nell'indagine elettrofisiologica sono stati invece studiati 82 soggetti.

Scopo dell'esame neurologico è stato quello di valutare l'azione lesiva dei vapori di mercurio inorganico a livello di sistema nervoso periferico, e cioè sui nervi cranici (in particolare sistema visivo e sistema acustico), sulla funzionalità motoria (in particolare vitalità, tono e forza muscolare, riflessi, movimenti involontari, ecc.), sulla coordinazione motoria, sulla funzione sensitiva (superficiale, ad es. dolorifica, e profonda).

Tab. 8 - Sintomi e segni clinici neurologici e loro frequenza percentuale

Sintomi	Frequenza %	Segni	Frequenza %
Sintomi sensitivi (parastesie distali = intorpidimento e senso di formicolio alle estremità; crampi agli arti inferiori, ecc.)	59	Segni sensitivi (superficiali, in particolare disturbi sensitivi dolorifici e profondi)	36
Sintomi motori (precoce esauribilità alla fatica; deficit di forza ai quattro arti, ecc.)	31	Segni motori (riduzione di forza muscolare elementare per prove da sforzo contrastate; iporeflexie agli arti inferiori, ecc.)	40
Sintomi atassici (incertezze statiche e dinamiche per lo più nel cammino; sensazioni di instabilità; sbandamenti, ecc.)	21	Segni atassici (anomalie nella coordinazione motoria statica e dinamica, ecc.)	19
—	—	Movimenti involontari (tremore)	4,6
Ipoacusia (deficit percettivo all'orecchio)	31	Vedi esame audiometrico	—
Deficit visivi (riduzione visus soggettiva)	12	—	—

La valutazione globale dei dati anamnestici da un lato e dei risultati degli esami neurologici dall'altro ha portato all'individuazione di un gruppo di « sintomi » e rispettivamente di « segni » ben caratterizzati, riportati insieme con la relativa frequenza percentuale nella tabella 8. È stata anche valutata con particolare attenzione la distribuzione dei sintomi e dei segni neurologici nei gruppi a rischio diverso; ciò rappresentava infatti lo scopo principale di tutta l'indagine volta a stabilire un'eventuale correlazione fra indice di rischio e grado di danno neurologico per esposizione a vapori di mercurio inorganico. I dati sono illustrati nella tabella 9.

In definitiva i risultati dell'indagine clinica indicano che nel gruppo omogeneo studiato il danno neurologico si esplica prevalentemente a livello del sistema nervoso periferico e interessa sia la fibra sensitiva sia quella motoria. Ciò emerge con chiarezza sia dai dati soggettivi che da quelli obiettivi. Peraltro depongono in questo senso anche i risultati dell'indagine elettrofisiologica che segnalano, tramite deviazione dalla norma dei valori di opportuni parametri elettro-

Tab. 9 - Distribuzione dei sintomi e segni neurologici secondo i gruppi a rischio

Rischio	Frequenza sintomi sensitivi (%)
0-10	63
11-15	44
16-20	50
21-25	100

Rischio	Frequenza segni sensitivi (%)
0-10	39
11-15	19
16-20	33
21-25	100

Rischio	Frequenza sintomi motori (%)
0-10	28
11-15	25
16-20	66
21-25	100

Rischio	Frequenza segni motori (%)
0-10	38
11-15	38
16-20	66
21-25	100

Rischio	Frequenza sintomi atassici (%)
0-10	19
11-15	20
16-20	33
21-25	100

Rischio	Frequenza segni atassici (%)
0-10	17
11-15	20
16-20	33
21-25	100

Rischio	Frequenza movimenti involontari (%)
0-10	4,7
11-15	6
16-20	—
21-25	—

Rischio	Frequenza ipoacusia (%)
0-10	32
11-15	25
16-20	50
21-25	—

Rischio	Frequenza deficit visivi (%)
0-10	6,3
11-15	25
16-20	33
21-25	100

fisiologici, un danno prevalente a carico delle fibre motorie di medio e piccolo diametro, in stretta dipendenza dall'indice di rischio, con esclusione invece di un interessamento statisticamente significativo di strutture centrali.

Da ultimo, per cogliere la relazione fra esposizione al mercurio ed eventuali alterazioni di ordine psichico, si è fatto ricorso a due questionari e a un test, somministrati a ciascun soggetto della popolazione esaminata, che sono stati posti in relazione con l'indice di rischio presentato in precedenza.

Il primo questionario esplorava la percezione del lavoro, cioè raccoglieva le valutazioni soggettive di alcuni aspetti specifici dell'organizzazione e dell'ambiente di lavoro.

Il secondo questionario esplorava gli aspetti della personalità, in particolare era inteso a misurare il nevroticismo e l'estroversione. Con nevroticismo s'intende labilità e iperreattività emotiva e facile esauribilità in condizioni di stress; con estroversione s'intende socievolezza, apertura ai rapporti interpersonali e ai contatti sociali, capacità di iniziativa.

Il test infine mirava a cogliere l'efficienza dei processi cerebrali superiori.

Per quanto riguarda la parte psicologica sono stati presi in considerazione 65 soggetti con medesimo grado culturale, valutato in base alla scolarità, escludendo quindi i soggetti con scolarità superiore alle medie inferiori, ed escludendo dall'analisi soggetti con anzianità lavorativa inferiore all'anno: ciò allo scopo di ridurre al minimo probabili variabili di disturbo.

I dati ottenuti mostrano inequivocabilmente come una esposizione prolungata a mercurio porti a un'involuzione « nevrotica » della personalità. Nessuna relazione con l'indice di rischio è invece emersa dal questionario riguardante la percezione del lavoro; mentre da approfondire ulteriormente è la relazione con l'indice di rischio emersa dal test che esplora il fattore generale dell'intelligenza, in quanto in tale relazione è stata riscontrata anche un'influenza dell'età del soggetto che rende per ora il test medesimo di poco aiuto nel garantire l'esclusiva azione del mercurio sul sistema nervoso centrale.

INDAGINE SUL MICROCLIMA DEL REPARTO ELETTROLISI (*)

Scopo dell'indagine è stato quello di valutare le condizioni di stress termico cui si trovano sottoposti i lavoratori del reparto elettrolisi della fabbrica considerata e di giudicare le condizioni di ventilazione generale dell'ambiente. Tale indagine si è articolata nei seguenti punti principali: microclima estivo, ventilazione e numero di ricambi orari, calore emesso dalle celle e dai riduttori, indicazioni sui miglioramenti ottenibili diminuendo la dispersione di calore e/o aumentando l'aerazione.

In particolare, dai dati raccolti (nota 16) è risultato evidente che le condizioni di microclima estivo del reparto, eccetto che per le immediate vicinanze delle entrate d'aria, erano al limite dell'accettabilità per lavoro continuativo

leggero, che si può identificare nell'attività di normale sorveglianza. Per tutte le altre attività che comportano sforzo fisico le indicazioni riscontrate non erano compatibili con il lavoro continuato e ciò in misura tanto più accentuata quanto superiore è lo sforzo fisico richiesto.

Confronto con precedenti indagini sui rischi di intossicazione connessi ai processi di produzione di cloro-soda con celle elettrolitiche a catodo di mercurio

È interessante anzitutto il confronto con uno studio, pubblicato nel 1970 da SMITH e altri, condotto su 642 lavoratori di 21 impianti di clorosoda situati negli USA e in Canada (*).

Il piano di studio formulato dagli autori assume come idea-guida quella che nel definire l'intensità di esposizione al mercurio sia necessario considerare non solo la concentrazione del mercurio nell'aria, ma anche la durata dell'esposizione a cui il lavoratore è soggetto. Sulla base quindi delle percentuali di tempo normalmente trascorso da ciascun lavoratore nelle diverse posizioni, dove peraltro veniva determinata la concentrazione attuale di mercurio atmosferico (e tenendo anche conto del fatto che durante operazioni che causavano forti dispersioni di mercurio, ad es. la levigazione del fondo delle celle, i lavoratori erano dotati di respiratore), è stata definita e calcolata per tutti i lavoratori una « esposizione media ponderata » o « concentrazione media ponderata nel tempo » (periodo di riferimento: 1 anno), messa poi in correlazione con i livelli urinari ed ematici di mercurio e con i reperti degli esami clinici.

Le correlazioni tra l'intensità di esposizione così calcolata e i parametri biologici idrargiruria e idrargiremia si dimostrarono molto significative (rispettivamente fig. 3 e fig. 4), come pure risultò altamente significativa la correlazione tra concentrazione media ponderata nel tempo di mercurio e tutta una serie di sintomi soggettivi accusati dai lavoratori e di segni oggettivi rilevati su di essi (fig. 5).

A commento della figura 5 si possono ancora aggiungere le osservazioni che seguono.

Alcuni sintomi di natura neuropsicologica, quali l'insonnia, il nervosismo, l'irritabilità, la timidezza (intesa come chiu-

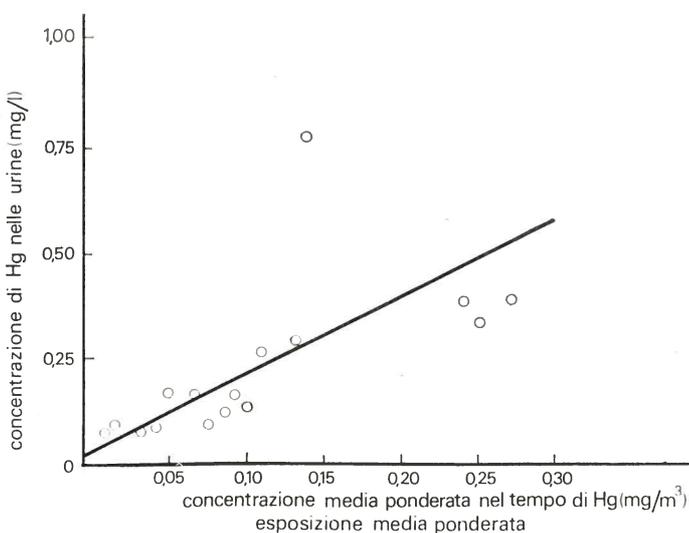


Fig. 3 - Relazione tra i valori di esposizione media ponderata ad Hg e di idrargiruria, osservati tra i lavoratori addetti a impianti cloro-soda (Smith, 1970).

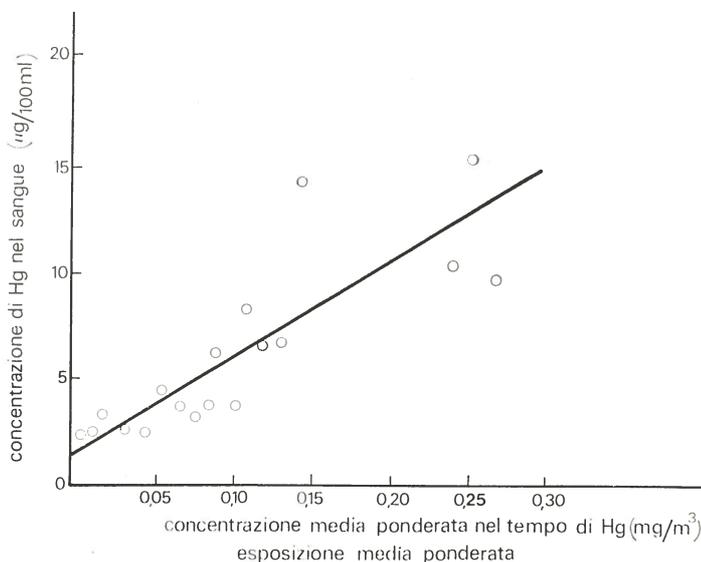


Fig. 4 - Relazione tra i valori di esposizione media ponderata ad Hg e di idrargiremia, osservati in lavoratori addetti a impianti cloro-soda (Smith, 1970).

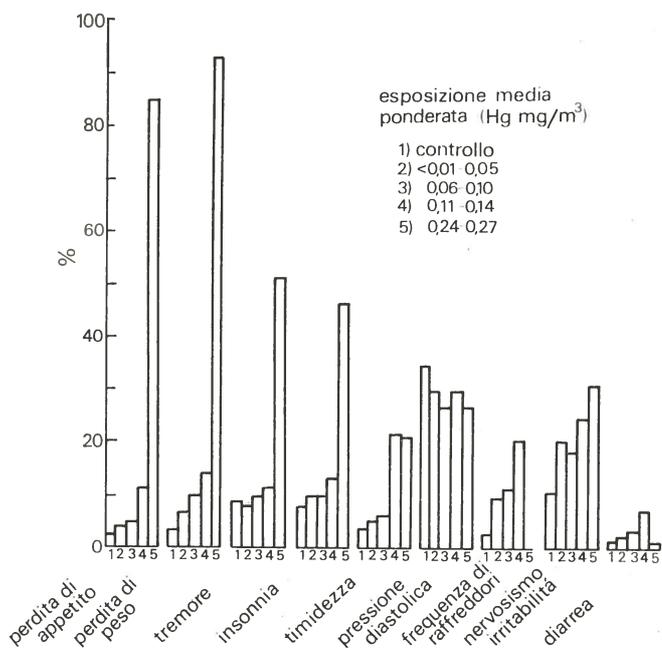


Fig. 5 - Relazione tra sintomatologia riscontrata nei lavoratori di impianti cloro-soda e valori di esposizione media ponderata ad Hg; i soggetti sono stati divisi in 4 gruppi, secondo l'entità di esposizione, e messi a confronto con il gruppo di controllo (Smith, 1970).

sura ai rapporti interpersonali) e, seppure in minor misura, il senso di vertigine, apparivano fortemente correlati con l'esposizione media ponderata, mentre per altri sintomi soggettivi di carattere neurologico non si avevano correlazioni significative, benché essi fossero prevalenti nel gruppo di lavoratori esposti rispetto al gruppo di controllo (a questo proposito non è possibile escludere l'influenza di altri fattori che caratterizzano l'ambiente di lavoro e che potrebbero esercitare lo stesso stress causato da esposizione a mercurio). Riguardo ai segni oggettivi di ordine neurologico, il tremore delle dita, delle palpebre e della lingua appariva correlato in modo significativo con i livelli di esposizione, mentre le alterazioni dei riflessi osteotendinei comparivano solamente per gruppi di lavoratori esposti a concentrazioni medie ponderate nel tempo di mercurio superiori a una certa soglia (0,1 mg/m³).

Nessun sintomo o segno clinico riguardante il sistema cardio-respiratorio si è dimostrato correlato con i livelli di esposizione. I lavoratori esposti accusavano però con notevole frequenza forme influenzali e affezioni del tratto respiratorio superiore, molto probabilmente in relazione alla presenza nell'ambiente di lavoro di sostanze altamente irritanti quali soda e cloro. Inoltre la pressione diastolica (ma non la sistolica) ha mostrato una correlazione negativa significativa con l'esposizione, tendendo cioè ad abbassarsi quanto più elevati erano i livelli di esposizione al mercurio; il che può essere attribuito, in via speculativa, all'effetto diuretico del mercurio.

Infine, per ciò che riguarda i disturbi orofaringei, anomalie oggettive a carico dei denti e delle gengive non apparivano correlate con i livelli di esposizione, mentre una certa correlazione esisteva per sintomi soggettivi quali il sapore metallico in bocca.

Un'altra indagine che s'intende mettere a confronto con quella riportata nella presente relazione è l'indagine svolta

dalla Clinica del Lavoro di Milano tra le maestranze di due impianti per la produzione elettrolitica di cloro-soda, entrambi appartenenti alla Montedison, l'uno situato in Sicilia, a Priolo, che sarà nel seguito indicato con P (73 lavoratori) e il secondo situato a Mantova, al quale sarà fatto riferimento con M (57 lavoratori) (*). Sono stati visitati nel complesso 130 operai.

Per ciascun soggetto sono stati considerati il profilo anamnestico, clinico, neurologico e i valori di idrargiruria, e inoltre sono stati somministrati il questionario che valuta la percezione del lavoro e il test psicodiagnostico che permette di misurare il nevroticismo e l'estroversione (strumenti psicologici già considerati in precedenza).

Le sensibili differenze nelle concentrazioni medie ambientali di mercurio (valori 2-3 superiori al MAC nello stabilimento P e valori intorno al MAC nello stabilimento M) e nei valori medi di idrargiruria (superiori a 150 µg/l per i lavoratori di P, inferiori a 50 µg/l per quelli di M) hanno indotto a condurre un'analisi separata dalle due popolazioni operaie, oltre a una valutazione del gruppo totale.

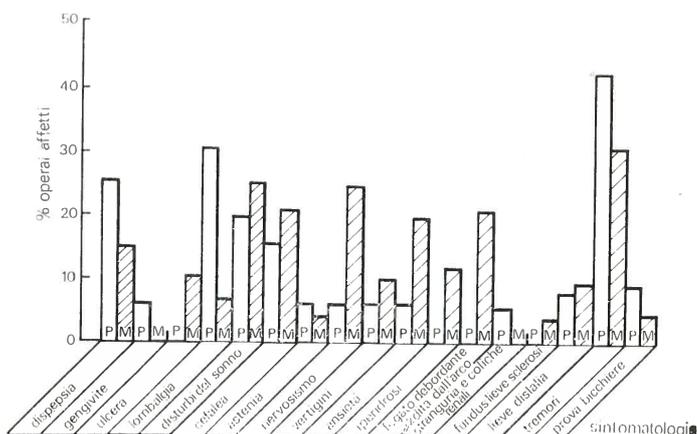


Fig. 6 - Frequenza dei sintomi e dei segni osservati nelle maestranze di due diversi impianti cloro-soda, indicati con M e P (Clinica del Lavoro di Milano, 1972-73). N.B.: dispepsia = difficoltà di digestione; cefalea = mal di testa; astenia = esaurimento fisico; iperidrosi (alle mani e al volto) = eccessiva secrezione delle ghiandole sudoripare; fegato debordante ≥ 2 dita dall'arco = ingrossamento del fegato; strabismo = difficoltà nell'urinare per restringimento delle vie urinarie; fundus = fondo oculare; sclerosi = indurimento; dislalia = disturbo della parola.

I dati clinici rilevati (fig. 6) hanno permesso di osservare la presenza di tremori (palpebrali o delle mani a braccia protese), con una frequenza del 42% nel gruppo P e del 30% nel gruppo M; la prova del bicchiere (tremore intenzionale) è risultata positiva in sei casi del gruppo P e in soli due casi del gruppo M. D'altro canto sono stati rilevati con una certa incidenza sintomi quali cefalea e disturbi del sonno senza differenze statisticamente significative tra le due popolazioni, eccetto che per un maggior numero di lavoratori del gruppo M che si reputavano più nervosi e ansiosi. Una maggior criticità nel valutare le proprie condizioni di lavoro, come desunta dal questionario della percezione del lavoro, sembra poter spiegare anche la più accurata descrizione dei sintomi nel caso del gruppo M.

Non si devono trascurare anche le diverse abitudini alimentari delle diverse popolazioni: in particolare il consumo

di alcool è circa 3 volte superiore nelle maestranze dell'impianto M rispetto a quelle di P. Ciò se da un lato può spiegare l'ingrossamento epatico riscontrato nel 20% dei lavoratori di M, potrebbe d'altro lato anche spiegare, malgrado i lavoratori dell'impianto M siano meno esposti ad Hg, perché tra i dati clinici di queste maestranze vengano riscontrati con maggior frequenza sintomi e segni quali ansietà, nervosismo e iperidrosi (essendo l'alcool un neurotossico, si può ritenere che abbia un effetto sinergico a quello del mercurio).

La notevole maggior frequenza con cui il sintomo lombalgia è stato denunciato dai lavoratori dello stabilimento P è con ogni verosimiglianza da mettere in relazione sia con il diverso modo con cui ivi è organizzato il lavoro, sia con la maggior intensità del lavoro stesso, come risulta ancora dal questionario, secondo cui i lavoratori dell'impianto P ritengono il loro lavoro più pesante dal punto di vista fisico.

Per quanto riguarda l'indagine psicologica si è riscontrato, per il gruppo totale, che l'anzianità lavorativa (utilizzata come indice orientativo dell'esposizione prolungata a mercurio) presenta una relazione negativa statisticamente significativa con la scala dell'estroversione, relazione che sussiste anche eliminando l'età, possibile variabile di disturbo. Questo dato concorda con il rilievo analogo di SMITH, secondo cui si verifica una maggior incidenza di « timidezza », intesa come chiusura ai rapporti interpersonali, introversione, nei gruppi di lavoratori maggiormente esposti a mercurio (fig. 5).

Infine, dall'analisi separata delle due popolazioni, per quanto riguarda le maestranze dell'impianto M, che si è visto essere migliore sotto il punto di vista delle condizioni igienico-ambientali, non si è potuta osservare alcuna relazione tra tratti della personalità e anzianità lavorativa (quale criterio di esposizione a mercurio); mentre nelle maestranze dell'impianto P, ove l'esposizione a mercurio è sensibilmente maggiore, tali relazioni sussistono. In primo luogo la stessa correlazione negativa tra anzianità lavorativa e scala dell'estroversione, rilevata nella popolazione totale dei due stabilimenti, si presenta in modo analogo nel singolo gruppo P (ma non nel gruppo M!); in secondo luogo, ciò che appare di ben maggiore importanza è l'esistenza, per il gruppo P (a differenza che nel gruppo M!), di una correlazione positiva consistente tra nevroticismo e anzianità lavorativa. Ciò conferma l'influenza di una esposizione prolungata a mercurio, sia pur di modesta entità, su un'involuzione nevrotica della personalità.

Note

(1) Le inalazioni di quantità massive delle sostanze sopra ricordate rivestono il carattere di veri e propri infortuni sul lavoro e hanno tutta una loro sintomatologia caratteristica e drammatica. L'esposizione prolungata e continuata all'inalazione di piccole quantità di gas oppure il verificarsi di ripetute e lievi intossicazioni acute, anche se distanziate nel tempo, sono invece responsabili del frequente instaurarsi di quadri di irritazione cronica a carico dell'apparato respiratorio. Questi si manifestano essenzialmente con tosse, espettorato, mancanza di respiro sotto sforzo o anche a riposo (bronchite cronica, forme asmatiche).

(2) Sono ben conosciuti gli effetti del rumore sull'organo dell'udito. Le cellule nervose dell'orecchio interno (che hanno la caratteristica di reagire allo stimolo sonoro inviando impulsi al cervello e generando così la sensazione uditiva) vengono lese in modo irrimediabile se colpite per un certo

tempo da suoni troppo intensi. La lesione interessa inizialmente le cellule specializzate nel riconoscimento delle frequenze intorno ai 4 000 Hz, e in tal modo si genera una sordità selettiva per i suoni che hanno queste frequenze. Tale sordità da trauma acustico (definita di 1° grado) non è, in genere, avvertita dal soggetto colpito, in quanto i suoni che caratterizzano la vita di relazione (dialoghi, trasmissioni radio, televisione, ecc.) contengono solo in minima percentuale queste frequenze. L'esame della curva audiometrica consente il riconoscimento di questo tipo di lesioni, in quanto essa presenta una caduta dell'udito preferenziale alla frequenza di 4 000 Hz ad ambedue le orecchie, con mantenimento di un udito normale alle frequenze inferiori nei casi di ipoacusia di 1° grado, e con perdita di udito (anche se di grado minore) alle altre frequenze nei casi di ipoacusia di 2° grado. Le sordità legate a esiti di malattie dell'orecchio (di cui l'otite è la più frequente) presentano, invece, una curva audiometrica con perdita a tutte le frequenze, spesso anzi più marcata a quelle basse che a quelle alte e, in genere, di diverso grado per le due orecchie. Non è fuori di luogo sottolineare che anche l'ipoacusia definita di 1° grado riveste importanza pari alla sordità (2° grado), soprattutto dal punto di vista preventivo: infatti essa, oltre a denunciare la presenza di un rischio da eliminare, tende a evolvere col tempo, sia per effetto del prolungarsi dell'esposizione che per effetto dei processi degenerativi dovuti all'età, verso la forma più grave.

(3) I sintomi dell'intossicazione cronica da mercurio sono: eretismo (e cioè ipereccitabilità emotiva, irascibilità, insonnia, cefalea, ecc.), tremore (alle mani e alle dita anzitutto, fino a rendere difficoltose le operazioni più fini), stomatite (infiammazione della bocca), gengivite (infiammazione delle gengive con eventuale perdita dei denti), dimagrimento (per perdita dell'appetito e difficoltà a digerire). Nei casi iniziali i fenomeni sono molto lievi e passano inosservati, oppure vengono etichettati, in genere, come « ipertiroidismo » (aumento della funzionalità della tiroide), « nevrosi », ecc. e si tendono a curare con « pillole » che coprono eventualmente i sintomi, senza arrivare alla causa (assorbimento di mercurio da esposizione in ambiente nocivo).

(4) Il mercurio ambientale è il primo indice per valutare un'esposizione a mercurio. La massima concentrazione tollerabile (MAC) di vapori di mercurio nell'aria per gli ambienti di lavoro (per 8 ore lavorative, per tutta la vita lavorativa) corrisponde a 0,050 mg/m³ (USA, 1975) (8). Questo valore deve servire solo come punto di riferimento (il MAC URSS, 1975, è fissato a 0,010 mg/m³); non si può escludere infatti che anche a una concentrazione inferiore si abbiano disturbi importanti, senza arrivare al quadro clinico dell'intossicazione cronica.

(5) La quantità di mercurio presente nelle urine va considerata ancora come un indice di esposizione (specie se in luogo del singolo vengono considerati gruppi di lavoratori) e non come indice di intossicazione: si può infatti osservare in casi individuali una sintomatologia positiva (presenza di sintomi precedentemente elencati) con bassa eliminazione di mercurio attraverso le urine, mentre si possono avere casi con molto mercurio nelle urine senza sintomi. Comunque, in via generale, elevati livelli di esposizione portano ad alti livelli di escrezione urinaria di mercurio; il fatto è che però il mercurio è eliminato anche da altri apparati (respiratorio, digerente, ecc.), e in particolare attraverso il sudore. Bisogna inoltre considerare che l'eliminazione di mercurio at-

traverso le urine non è uguale per tutti e non avviene nello stesso modo, e infine che il mercurio che entra nell'organismo può depositarsi in vari organi (cervello, rene, ecc.).

(6) Il mercurio può legarsi a composti chimici come gli enzimi (sostanze organiche capaci di catalizzare le reazioni chimiche dell'organismo umano) che contengono gruppi SH. Il mercurio si lega allo zolfo e così impedisce l'attività dell'enzima. È stata studiata pertanto l'attività della colinesterasi (enzima presente sia nel sangue che all'interno del globulo rosso) per vedere come variava e ciò per valutare anche in questo modo la presenza di mercurio.

(7) È noto che il rene funziona come un filtro: di tutto il sangue che arriva lascia passare solo la parte liquida e le particelle più piccole, mentre le proteine, che sono particelle più grosse, rimangono nel sangue. Nel caso di un rene che non funziona bene, si trovano proteine nelle urine dato che appunto il filtro non esercita la sua funzione. Poiché alcuni metalli pesanti (ad es. il cadmio e il piombo) si sono rivelati nocivi per il rene, sono state cercate nelle urine le proteine per valutare se anche il mercurio, come pare, può dare un danno renale.

(8) È noto che il mercurio, come altri metalli pesanti, può causare danni al sistema nervoso, sia centrale (cervello), sia periferico (nervi che innervano tutte le regioni del corpo). La visita neurologica è servita per misurare i riflessi, cioè la capacità che i nervi hanno di trasportare l'impulso nervoso dal punto in cui avviene lo stimolo al muscolo che deve rispondere allo stimolo stesso. Questo è il significato del battere il martello sul ginocchio, del pungere la pelle, ecc. in quanto alcuni nervi vengono sollecitati e si può vedere se i muscoli rispondono.

(9) Lo studio della velocità di conduzione mediante la stimolazione elettrica dei nervi ha la stessa funzione delle prove descritte nella nota precedente, con il vantaggio di poter misurare anche la velocità con cui un nervo trasmette il suo impulso.

(10) È noto lo stretto rapporto esistente fra patologia respiratoria, fumo di sigaretta ed età.

(11) A titolo di esempio si riportano i seguenti risultati. Nella popolazione esposta a rumore solo nell'azienda considerata, per il gruppo di età inferiore ai 30 anni l'esposizione determina un incremento di ipoacusici (rispetto ai non esposti o esposti da meno di 1 anno) dell'80% se dura da 1 a 5 anni e del 218% se dura oltre i 5 anni. Per il gruppo di età fra 31 e 40 anni l'incremento di ipoacusici è rispettivamente del 68% (esposizione da 1 a 5 anni) e del 165% (esposizione da più di 5 anni); per il gruppo di età superiore ai 40 anni l'incremento è rispettivamente del 40% e dell'80%.

(12) Un indice, cioè dell'entità dell'esposizione a vapori di mercurio (= *rischio*; mentre le eventuali precoci alterazioni di ordine biochimico a livello di diversi organi, apparati e sistemi e gli eventuali iniziali quadri clinici di intossicazione da mercurio costituiscono il *danno*).

(13) In particolare, come si è già visto, la possibilità che il mercurio possa essere eliminato dall'organismo per altra via che quella urinaria, ad es. tramite il sudore, ecc.

(14) E ciò tanto più in relazione al miglioramento delle tecniche di dosaggio (ad es. assorbimento atomico).

(15) Cioè l'attività dell'enzima colinesterasi contenuto nei globuli rossi del sangue.

(16) Sintetizzati, per la valutazione delle condizioni di stress termico, in termini di indici termometrici TEC (Temperatura Effettiva Corretta, che si ricava da appositi nomogrammi in funzione della temperatura del globotermometro t_g , della temperatura del termometro a bulbo umido t_u e della velocità dell'aria) e WBGT (Wet Bulbe Globe Thermometer, che si calcola in funzione delle temperature lette al globotermometro t_g e al termometro umido non ventilato t_{un} mediante la formula: $WBGT = 0,7 t_{un} + 0,3 t_g$), oppure rappresentati su diagramma psicrometrico.

BRUNO MAZZA

Istituto di Chimica fisica, Elettrochimica e Metallurgia del Politecnico, Milano.

Bibliografia

- (1) Manuale Enciclopedico della Sicurezza Sociale INCA-CGIL, Roma, 1975.
- (2) Consiglio di Fabbrica e Commissione Ambiente della « Elettrosolfuri » di Tavazzano: Registro dei dati ambientali e documenti vari.
- (3) B. MAZZA, P. PEDEFERRI, D. SINIGAGLIA, *Nocività sul posto di lavoro*, Cooperativa Libreria Universitaria del Politecnico (CLUP), Milano, 1976.
- (4) Consorzio Provinciale Antitubercolare di Milano: Relazione sull'indagine clinica di massa dell'apparato respiratorio svolta presso l'azienda « Elettrosolfuri » di Tavazzano, ottobre 1974.
- (5) Centro di Medicina Preventiva del Lavoro del Comune di Castellanza: Quaderno n. 2, giugno 1975 (a cura del Gruppo Permanente di Lavoro per la Tutela della Salute).
- (6) Clinica del Lavoro L. DEVOTO e Istituto Neurologico C. BESTA di Milano: Rischio e danni da mercurio nell'impianto cloro-soda della Società « Elettrosolfuri » di Tavazzano, aprile 1975 (a cura di L. AMANTE, C. ANTONINI, A. BOIARDI, C. BULGHERONI, G. BUSSONE, L. CAIMI, M. G. CASSITTO, G. FILIPPINI, M. FORZI, R. GILIOLI, G. PERUZZO, M. QUARTI, R. BOERI, V. FOA'); R. BOERI, G. FILIPPINI, R. GILIOLI, *Epidemiologia e Prevenzione* 1, 25 (1977).
- (7) Laboratorio di Igiene Industriale della Clinica del Lavoro L. DEVOTO di Milano: Indagine eseguita alla « Elettrosolfuri » di Tavazzano, gennaio 1976 (a cura di B. THIEME, P. LAVANO).
- (8) R. G. SMITH, A. J. VORWALD, L. S. PATIL, T. F. MOONEY, *Am. Ind. Hyg. Ass. J.* 31, 687 (1970).
- (9) Clinica del Lavoro L. DEVOTO di Milano: Indagine di ordine clinico e psicologico in operai addetti alla produzione di soda elettrolitica con elettrodi di mercurio, 1972-73 (tesi di laurea di A. COLOMBI, relatore A. CAPELLINI).