

**INAIL**

CONTARP - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

Atti

**6° Seminario di aggiornamento  
dei professionisti CONTARP**

# **Sicurezza e Prevenzione: esperienze a confronto**

29 settembre - 1 ottobre 2009

Centro Congressi Ville Ponti, Varese

Edizione 2009

## **COMITATO SCIENTIFICO**

*Giuseppe Spada - Direzione Generale - CONTARP*

*Piero Altarocca - Direzione Generale - CONTARP*

*Fabrizio Benedetti - Direzione Generale - CONTARP*

*Eugenio Davì - Direzione Regionale Sicilia - CONTARP*

*Giuseppe Gargaro - Direzione Generale - CONTARP*

*Federico Ruspolini - Direzione Regionale Umbria - CONTARP*

*Giusto Tamigio - Direzione Regionale Lombardia - CONTARP*

*Riccardo Vallergera - Direzione Generale - CONTARP*

## **SEGRETERIA SCIENTIFICA**

*Liliana Frusteri - Direzione Generale - CONTARP*

*Angelica Schneider Graziosi - Direzione Generale - CONTARP*

## **SEGRETERIA ORGANIZZATIVA**

### **Direzione Regionale Lombardia**

*Cinzia Lo Casto*

*Susanna Murolo*

*Roberta Paradisi*

### **Direzione Generale - CONTARP**

*Enrica Cicerchia*

*Maria Grazia Calvani*

*Giuliano Colagrossi*

*Angela Di Bella*

Questo volume ospita i contributi al Seminario realizzati dai professionisti della CONTARP, anche in collaborazione con autori esterni all'Istituto. Altri lavori, presentati da relatori esterni, potranno essere pubblicati nei prossimi numeri della Rivista degli Infortuni e delle Malattie Professionali.

### **Per informazioni**

INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (CONTARP)

Via Roberto Ferruzzi, 40 - 00143 Roma

Fax 06/54872365

e-mail: [contarp@inail.it](mailto:contarp@inail.it)

INAIL - Direzione Centrale Comunicazione

Piazzale Giulio Pastore, 6 - 00144 Roma

Fax 06/54872363

e-mail: [dccomunicazione@inail.it](mailto:dccomunicazione@inail.it)

Foto di copertina realizzata da Bianca Rimoldi

Questa pubblicazione viene diffusa gratuitamente dall'INAIL. Ne è vietata la vendita

Stampato dalla Tipolitografia INAIL - Milano - settembre 2009

*Il 6° Seminario della Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione dell'INAIL, tradizionalmente dedicato ad un esame degli aspetti più significativi dell'attività svolta e di quelli innovativi che dovranno essere affrontati dai suoi professionisti, cade quest'anno a poco meno di due mesi dall'emanazione del D.Lgs. 106/2009, correttivo del D.Lgs. 81/2008.*

*Non si può perdere quest'occasione per fare il punto dell'evoluzione delle funzioni e del ruolo della CONTARP alla luce delle novità normative che vedono il nostro Istituto destinatario di nuovi compiti assegnati dal Governo. Le novità legislative ampliano le attività dell'INAIL, in particolare sul fronte della prevenzione, ma spingono a riconsiderare sotto nuove prospettive alcune delle attività di natura assicurativa.*

*La ricerca nel campo dell'igiene industriale, soprattutto verso i rischi emergenti e l'impatto sulla salute e la sicurezza di nuove tecnologie produttive, lo studio e la ricerca di soluzioni tecnologiche per la prevenzione, i sistemi di gestione della salute e sicurezza sul lavoro sono i principali argomenti che saranno sottoposti all'attenzione ed al dibattito durante il seminario.*

*Vi sarà, inoltre, spazio per la discussione in termini organizzativi ed evolutivi per lo sviluppo di operatività specifiche per il futuro, in sinergia e piena cooperazione con le altre strutture dell'Istituto, così come con tutti i principali attori del sistema produttivo ed istituzionale del Paese.*



# SOMMARIO

## PRESENTAZIONI ORALI

- E. Barbassa, L. Cavalli, M. R. Fizzano: *“Scenari di esposizione nel REACH: strumento di prevenzione del rischio da sostanze e prodotti chimici”* 11
- D. Bellomo, V. Cassarà, M.P. Marino: *“Nuovi rischi da disfunzioni organizzative e patologie stress lavoro-correlato: report dello studio di casi denunciati in Sicilia”* 19
- P. Clerici, A. Guercio, N. Todaro: *“Il fattore umano: tecniche di analisi, soluzioni, prospettive”* 31
- R. Luzzi, G. Fois, S. Murè, F. Palamara, N. Piccinini: *“Metodi di data mining associati all’approccio fuzzy: metodologia integrata per l’analisi degli infortuni sul lavoro”* 39
- A. Preiti, A. Cerquaglia, A. Ligi, F. Ruspolini: *““La sicurezza a portata di mano”: cultura, tecnica ed organizzazione della prevenzione nelle piccole imprese artigiane”* 49
- F. Renzetti, R. Santarelli, L. Trimarchi, L. Veneri, P. Ghini, A. Caso, G. Baldassari: *“Il sistema semplificato di gestione della sicurezza sul lavoro per le piccole imprese applicato sul territorio di Forlì”* 57
- B. Rimoldi, A. Cavallo, E. Barbassa, A. Guercio, G. Marena, S. Massera, F. Pisanelli, P. Santucci, L. Tripi: *“Valutazione dell’esposizione ad amianto naturale degli addetti all’estrazione e lavorazione del “Serpentino della Val Malenco”: un esempio di consulenza resa alle aziende del territorio”* 65
- L. Taglieri, F. Ruspolini, L. Latterini: *“Valutazione del potenziale tossicologico di particelle ultrafini presenti in ambienti di lavoro: risultati preliminari”* 73

## POSTER

- E. Barbassa: *“Stato dell’arte sulla valutazione del rischio d’esposizione a miscele di sostanze ed effetti sulla salute dei lavoratori”* 85
- A. Bianconi, F. Ruspolini: *“Sperimentazione di un guanto strumentato con sensori, per la valutazione del rischio da vibrazioni al distretto mano-braccio”* 93

C. Breschi, E. Mastrominico, F. Pini: <i>“Percezione del rischio lavorativo nel comparto acconciatori in Toscana: risultati a conclusione dello studio”</i>	105
C. Breschi, E. Mastrominico, F. Pini, L. Miligi: <i>“Il lavoro nel settore dell’acconciatura ed il rischio di malattia professionale: risultati finali dello studio condotto in Toscana”</i>	113
A. Brusco, R. Giovinazzo, G. La Rosa, R. Piccioni: <i>“Il Registro Nazionale Malattie Professionali (RNMP): un osservatorio permanente sul fenomeno tecnopatico”</i>	121
S. Busonero, G. Gargaro, M. Mecchia, G. Mita: <i>“Valutazione del rischio da polveri silicotigene nelle attività di scavo di gallerie. L’esperienza CONTARP nel tratto autostradale della A3 Salerno-Reggio Calabria”</i>	127
D. Candido, R. Compagnoni, P. De Blasi, E. Della Penda, E. Incocciati, C. Kunkar, M. Mecchia: <i>“Progetto per lo studio dell’esposizione a silice cristallina nei lavori di scavo e del contenuto di quarzo nelle rocce della successione umbro-marchigiana”</i>	135
G. Castellet y Ballarà, C. Kunkar: <i>“Applicazione del nuovo Regolamento Europeo REACH a sostanze in scala nanometrica costruite o importate”</i>	145
P. De Santis, P. Desideri, R. Nitti: <i>“Proposte di metodologie standardizzate per l’analisi e la valutazione del rischio di esplosione nelle sedi INAIL”</i>	151
P. De Santis, P. Desideri: <i>“Un metodo pratico per la stima dell’esposizione pregressa ad inquinanti aerodispersi di figure professionali “bystander””</i>	159
P. Desideri: <i>“La trilateralità nella figura del rappresentante dei lavoratori per la sicurezza territoriale: il ruolo strategico della CONTARP”</i>	167
M.R. Fizzano, E. Incocciati: <i>“Olii lubro-refrigeranti: aspetti igienistico-prevenzionali nelle lavorazioni di asportazione di truciolo”</i>	175
C. Gargano, G. Giaquinta, S. Marcellino: <i>“Consulenza alle aziende: esperienza territoriale nella provincia di Catania nell’ambito del protocollo d’intesa INAIL - APINDUSTRIE - ENFORM”</i>	185
G. Giannettino, D. Bellomo: <i>“L’equazione di continuità per le microparticelle applicata all’interno di un organismo in un campo di microparticelle”</i>	191
R. Giovinazzo, S. Barca, P. Calabrese, L. Caradonna, U. Caselli, G. Giaquinta, E. Guerrero, M. Mameli, G. Marena, T. Mastromartino, D. Sarto, F. Summa, M. Veltroni: <i>“Il monitoraggio microbiologico negli ambienti di lavoro: confronti interlaboratorio per la qualità del dato”</i>	201
A. Guercio, E. Incocciati, P. Fioretti, F. Marracino: <i>“I rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche: dalla gestione dei rischi professionali agli interventi di prevenzione”</i>	209
E. Guerrero, O. Guarrera, L. Pitzurra: <i>“Fluidi lubrorefrigeranti e rischio microbiologico nel settore metalmeccanico: risultati preliminari”</i>	217

P. Guidelli, C. Breschi, S. D'Agliano, L. Gambacciani, D. Gilioni, A. Macioce, M. Mameli, D. Marzano, E. Mastrominico, E. Nucaro, F. Pini, S. Tramuto, L. Valori: <i>"Sistema di gestione informatizzato delle pratiche CONTARP in Toscana"</i>	225
E. Incocciati, C. Kunkar, P. La Pegna, M. Mecchia, D. Rughi: <i>"Accertamento del rischio di esposizione a silice cristallina: le attività di studio e ricerca della CONTARP"</i>	231
R. Luzzi, G. Fois, M. Demichela, N. Piccinini: <i>"Sviluppo di uno strumento di valutazione della cultura della sicurezza nelle PMI ai fini della prevenzione dei rischi legati all'organizzazione"</i>	237
R. Luzzi, G. Fois, M. Demichela, L. Marmo: <i>"L'impegno dell'INAIL nella prevenzione: realizzazione di un laboratorio per la misurazione dell'esplosività delle polveri"</i>	243
R. Luzzi, V. Vecchiè: <i>"Evoluzione e miglioramenti correlati all'adozione dei sistemi di gestione della sicurezza SGSL UNI INAIL in ambito sanitario. Riflessi sul fenomeno infortunistico"</i>	247
B. Manfredi: <i>"La nuova norma UNI 10617 2009 "Impianti a rischio di incidente rilevante - sistemi di gestione della sicurezza- terminologia e requisiti essenziali" "</i>	253
R. Piccioni, R. Giovinazzo, E. Incocciati, F. Nappi, D. Rughi: <i>"Il progetto CONTARP "Sicurezza e benessere nelle scuole" "</i>	259
G. Rubbonello, G. Fois, B. Fubini, F. Grendene, M. Gullo: <i>"Impiego di rifiuti recuperabili nel comparto laterizi e costruzioni in Piemonte: valutazione del rischio lavorativo"</i>	267
D. Sarto, A. Sangiuolo, S. Trichilo, M. Albertazzi, E. Zunino, D. Viglione: <i>"Indagine microbiologica nei laboratori non sanitari: un contributo alla valutazione del rischio"</i>	273
G. G. Troia, F. Di Gangi, P. Mura, F. Parroni, V. Presicci, G. Spadaccino: <i>"Stima del consumo metabolico in edilizia orientata alla caratterizzazione di dieta e stile di vita nei lavoratori diabetici"</i>	281
C. Breschi, S. D'Agliano, L. Gambacciani, D. Gilioni, M. Mameli, D. Marzano, E. Mastrominico, E. Nucaro, F. Pini, S. Tramuto, L. Valori: <i>Interventi di sostegno alle imprese: dai programmi di adeguamento ai progetti di investimento sulla sicurezza in azienda, alla luce della verifica sui programmi finanziati nel 2002 in Toscana</i>	291



## PRESENTAZIONI ORALI





# SCENARI DI ESPOSIZIONE NEL REACH: STRUMENTO DI PREVENZIONE DEL RISCHIO DA SOSTANZE E PRODOTTI CHIMICI

E. BARBASSA<sup>1</sup>, L. CAVALLI<sup>2</sup>, M. R. FIZZANO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INAIL - Direzione Regionale Lombardia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>UNICHIM

<sup>3</sup>INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## SOMMARIO

Il recente regolamento REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals) prevede che scenari di esposizione siano allegati alle schede di sicurezza delle sostanze fabbricate ed importate in certi quantitativi e classificate come pericolose o come tossiche, persistenti/molto persistenti, bio-accumulabili/molto bio-accumulabili; questi consistono in una descrizione del modo in cui la sostanza (tal quale o come componente di preparato o articolo) è fabbricata e viene utilizzata durante il suo ciclo di vita, evidenziando, inoltre, le misure raccomandate per controllare l'esposizione professionale ed ambientale.

Il presente lavoro si propone come principali obiettivi di mettere in luce le difficoltà di elaborazione degli scenari di esposizione, di fornire indicazioni sui modelli più utilizzati per la loro creazione ed in particolare sul modello EASE e di evidenziare come lo sviluppo di adeguati scenari di esposizione possa contribuire in modo sostanziale all'utilizzo in sicurezza delle sostanze chimiche pericolose.

## SUMMARY

The new European Community Regulation REACH introduces exposure scenarios as Annex in Safety Data Sheet for substances manufactured or imported in a quantity of 10 tonnes or more per year and for persistent, bioaccumulative and toxic, very persistent and very bioaccumulative substances. An exposure scenario is a description of the set of conditions, including operational conditions and risk management measures, that describe how the substance is manufactured or used during its life-cycle, recommending, in addition, control measures for the human and environment exposures. The present work describes the difficulties to find out the proper model to be used (i.e. the EASE model) and to develop exposure scenarios for getting information on the safety handling and use of chemicals.

## 1. INTRODUZIONE: REACH E VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO

L'agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro ha evidenziato che durante il periodo dal 1994 fino al 2002 [PAPALEO *et al.*, 2007] il 21% dei lavoratori in Europa sono stati esposti a sostanze cancerogene, il 22% ha respirato fumi e vapori tossici durante lo svolgimento del proprio lavoro, il 16% è venuto a contatto con sostanze pericolose per un quarto dell'orario di lavoro.

Questo quadro ribadisce l'importanza di una gestione attenta e rigorosa dei rischi derivanti dall'esposizione a sostanze chimiche, che, generalmente, non sono immediatamente percepibili; inoltre, la loro gestione è intimamente legata alle informazioni disponibili che spesso hanno come unica fonte le etichette e le schede di sicurezza (SDS) dei prodotti.

Il legislatore ha, con diversi provvedimenti, più volte rivolto l'attenzione alle sostanze chimiche pericolose sia con norme relative alla salute e sicurezza nei luoghi di lavoro sia con norme inerenti la valutazione della pericolosità delle sostanze chimiche immesse sul mercato: esempi ne sono il D.Lgs. 52/1997 sulle sostanze pericolose, il D.Lgs. 65/2003 sui preparati pericolosi, il D.Lgs. 81/2008, TITOLO IX: Sostanze pericolose, la Direttiva 67/548/CEE ed il Regolamento del Parlamento del Consiglio Europeo 2006/1907/CE del 18 dicembre 2006 (Registration Evaluation Authorization of Chemicals - REACH).

Il REACH riguarda la registrazione, la valutazione e l'autorizzazione delle sostanze chimiche utilizzate sul mercato europeo. Un aspetto importante del Regolamento è la condivisione delle informazioni tra tutti i soggetti che vengono a contatto con la sostanza lungo il suo ciclo di vita.

La lunga e laboriosa analisi imposta dal REACH ai fini dell'uso in sicurezza nel mercato europeo di sostanze, preparati ed articoli migliorerà in maniera sostanziale la conoscenza dei loro possibili effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente e, quindi, porterà ad un miglioramento anche degli aspetti relativi alla prevenzione nei luoghi di lavoro.

Tale valutazione si concretizza, per quanto concerne l'esposizione professionale, nello studio delle attività dei lavoratori correlata alla durata e alla frequenza dell'esposizione nelle condizioni operative, nell'approfondimento dei dati sull'esposizione rappresentativi e rilevati in modo adeguato, nelle misure di gestione dei rischi attuate o raccomandate.

Vengono così individuati e descritti degli "scenari di esposizione" utilizzati per la stima dei livelli di esposizione ad una determinata sostanza in un processo produttivo e che si configurano come scenari di "utilizzo sicuro".

Per la stima dell'esposizione possono essere utilizzati, oltre ai dati esistenti di indagini ambientali relative alla sostanza presa in esame, anche modelli di calcolo e, in generale, la caratterizzazione dei rischi consiste nel confronto tra l'esposizione di una popolazione umana esposta (ad esempio quella dei lavoratori) e un valore limite, al di sotto del quale l'esposizione non determina effetti nocivi all'uomo.

Analogamente, la valutazione del rischio chimico imposta dal titolo IX del D.Lgs. 81/08 comporta la considerazione delle proprietà pericolose delle sostanze, del livello, tipo e durata dell'esposizione, delle circostanze in cui viene svolto il lavoro in presenza di agenti chimici pericolosi, e, se disponibili, delle conclusioni tratte da eventuali azioni di sorveglianza sanitaria precedenti e dei valori limite di esposizione professionale o i valori limite biologici.

In questa ottica il "rischio adeguatamente controllato" imposto dal REACH può essere considerato equivalente al "rischio basso per la sicurezza ed irrilevante per la salute" previsto dal Testo Unico [FINESI, 2008].

Il REACH coinvolge anche gli utilizzatori a valle delle sostanze chimiche i quali devono interloquire in maniera attiva con i propri fornitori non solo richiedendo le schede di sicurezza ma anche contribuendo alla definizione degli "scenari di rischio", secondo quanto di loro competenza, verificando che le informazioni riportate siano coerenti con quelle contenute nella propria valutazione e che siano riportati gli scenari di esposizione pertinenti.

Le schede di sicurezza rappresentano il mezzo tramite cui le informazioni sono veicolate e gli obblighi contemporanei di consegnarle insieme al prodotto e di renderle sempre disponibili ai lavoratori, le rendono uno degli strumenti maggiormente utili ai fini dell'informazione dei lavoratori.

Sebbene già presente da tempo, la redazione della scheda di sicurezza viene in parte modificata dal regolamento REACH: ad esempio dovranno essere riportati il numero di registrazione della sostanza (quando disponibile), l'indirizzo *e-mail* del tecnico competente, i valori DNEL (livello derivato senza effetto) per la salute umana e PNEC (concentrazione prevedibile della sostanza priva di effetti) per l'ambiente, se disponibili e, soprattutto dovrà essere allegato lo "scenario di esposizione".

## 2. CREAZIONE DEGLI SCENARI DI ESPOSIZIONE

Il REACH<sup>1</sup> prevede che sia effettuata una valutazione della sicurezza chimica per tutte le sostanze soggette a registrazione prodotte od importate in quantitativi pari o superiori a 10 tonnellate all'anno. Nel caso in cui una sostanza è classificata come pericolosa od è considerata persistente, bio-accumulabile, tossica (PBT) o molto persistente, molto bio-accumulabile (vPvB), la valutazione della sicurezza chimica comporta le ulteriori seguenti fasi:

---

<sup>1</sup>art. 14 c. 1

- a) valutazione dell'esposizione, che ha lo scopo di stabilire una stima quantitativa o qualitativa della dose/concentrazione della sostanza a cui l'uomo e l'ambiente sono esposti e che comprende sia la creazione di scenari d'esposizione (o l'individuazione, ove opportuno, delle pertinenti categorie d'uso e d'esposizione) che la stima dell'esposizione;
- b) caratterizzazione dei rischi, che comporta il confronto tra esposizione e valori limiti per individuare i margini di sicurezza.

Il primo elemento del processo di stima dell'esposizione è la descrizione del corrispondente scenario.

Uno "scenario d'esposizione" è definito all'art. 3 punto 37 del REACH come "l'insieme delle condizioni, comprese le condizioni operative e le misure di gestione dei rischi, che descrivono il modo in cui la sostanza è fabbricata o utilizzata durante il suo ciclo di vita e il modo in cui il fabbricante o l'importatore controlla, o raccomanda agli utilizzatori a valle di controllare, l'esposizione delle persone e dell'ambiente. Questi scenari d'esposizione possono coprire un processo o un uso specifico o più processi o usi specifici, se del caso".

Gli scenari d'esposizione che coprono una vasta gamma di processi od usi possono essere definiti come "categorie d'esposizione". Se la sostanza pericolosa o PBT o vPvB è immessa sul mercato, i pertinenti scenari di esposizione sono inclusi in un allegato alla scheda di sicurezza (Allegato II del REACH).

Il livello di dettaglio che deve caratterizzare la descrizione di uno scenario di esposizione, secondo quanto riportato al punto 0.8 dell'Allegato I del REACH, varia considerevolmente secondo i casi, in funzione dell'uso che è fatto di una sostanza, delle sue proprietà pericolose e del volume di informazioni di cui dispone il fabbricante o l'importatore.

Il REACH prevede che la responsabilità della creazione degli scenari di esposizione spetti a chi effettua la registrazione, ovvero ai produttori od importatori; tuttavia anche gli utilizzatori a valle possono contribuire alla creazione di scenari di esposizione per usi specifici della sostanza non contemplati in quelli elaborati dal fabbricante od importatore.

Gli scenari d'esposizione costituiscono il fulcro del processo di realizzazione di una valutazione della sicurezza chimica che può essere iterativo e prevedere una serie successiva di passi.

Infatti dapprima ci si baserà essenzialmente sulle informazioni minime prescritte e su tutte quelle disponibili relative ai pericoli nonché sulla stima dell'esposizione corrispondente alle ipotesi iniziali formulate sulle condizioni operative e sulle misure di gestione dei rischi: ciò condurrà alla creazione di uno "scenario iniziale d'esposizione".

Se le ipotesi iniziali conducono a una caratterizzazione in base alla quale i rischi per la salute umana e per l'ambiente non sono controllati in modo adeguato, è necessario svolgere un processo iterativo con la modifica di uno o più fattori nella valutazione dei pericoli o dell'esposizione allo scopo di arrivare, alla fine, a dimostrare un controllo adeguato dei rischi.

La revisione della valutazione dei pericoli effettuata in uno stadio successivo può portare ad acquisire informazioni supplementari circa gli stessi e la revisione della valutazione dell'esposizione può comportare una modifica delle condizioni operative o delle misure di gestione dei rischi nello scenario d'esposizione o una stima più precisa dell'esposizione stessa.

Lo scenario derivante dall'iterazione definitiva, detto "scenario d'esposizione definitivo" è incluso nella relazione sulla sicurezza chimica ed accluso alla scheda di sicurezza.

Le principali fasi di elaborazione di uno scenario di esposizione vengono descritte sia nel REACH<sup>1</sup> che nella parte D della Guida "Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment" pubblicata dall'ECHA (European Chemicals Agency) a maggio 2008.

In funzione degli usi, uno scenario di esposizione dovrebbe descrivere tutti i fattori rilevanti per l'esposizione con riferimento sia alle condizioni operative che alle misure di gestione del rischio e dovrebbe avere la seguente struttura standardizzata:

- Breve titolo che descrive il contenuto dello scenario di esposizione;

<sup>2</sup>Allegato I punto 5.1.1

- Descrizione dei processi e delle attività coperte nello scenario di esposizione;
- Descrizione delle condizioni operative, che includono:
  - le attività dei lavoratori, la durata e frequenza della loro esposizione alla sostanza;
  - le attività dei consumatori, la durata e frequenza della loro esposizione alla sostanza;
  - la durata e la frequenza delle emissioni della sostanza nei vari comparti ambientali;
  - la quantità di sostanza usata in un dato periodo di tempo e per una determinata attività;
  - altre condizioni operative di utilizzo (temperatura di processo, PH etc.);
- Forma fisica del prodotto contenente la sostanza e concentrazione della sostanza nel preparato;
- Misure di gestione dei rischi per ridurre o evitare l'esposizione diretta o indiretta della popolazione (compresi i lavoratori e i consumatori) e dei vari comparti ambientali;
- Misure di gestione dei rifiuti per ridurre o evitare l'esposizione della popolazione e dell'ambiente alla sostanza durante lo smaltimento e/o il riciclaggio dei rifiuti;
- Stima dell'esposizione risultante dalle condizioni operative sopra descritte, con riferimento agli strumenti (es. modelli di valutazione dell'esposizione) usati per stimare l'esposizione;
- Guida per gli utilizzatori a valle per controllare se i loro usi della sostanza sono compresi o meno all'interno dello scenario di esposizione elaborato dal fabbricante o dall'importatore.

### 3. MODELLO EASE DI STIMA DELL'ESPOSIZIONE

Per la stima dell'esposizione dei lavoratori vengono presi in particolare considerazione, quando disponibili, i dati sperimentali rappresentativi e rilevati in modo adeguato.

Possono anche essere considerati dati di monitoraggio pertinenti, relativi a sostanze con uso e modalità d'esposizione analoghi o proprietà analoghe.

In assenza di dati sperimentali adeguati, modelli appropriati possono essere utilizzati per la stima dei livelli di esposizione; alcuni modelli, tra cui ad es. i modelli EASE, ECETOC TRA, COSHH-BAuA-Tool etc., sono definiti di Livello 1 e sono stati sviluppati con lo scopo di essere di semplice utilizzo e di stimare l'esposizione nel caso peggiore: si tratta quindi di modelli di tipo conservativo che tendono a sovrastimare l'esposizione.

In particolare il modello EASE (*Estimation and Assessment of Substances Exposure*) è stato sviluppato in UK dalla HSE (Health and Safety Executive) specificatamente per i lavoratori chimici ed incorporato in EUSES (*European Union System for the Evaluation of Substances*) [EUROPEAN COMMISSION JOINT RESEARCH CENTRE], un più ampio programma elettronico, adottato dalla Commissione Europea, per il calcolo quantitativo del rischio complessivo, sia umano che ambientale, delle sostanze chimiche, in linea con i principi dettati dal TGD (*Technical Guidance Document*) europeo.

L'utilizzo del programma EUSES 2.1 in modalità V (Uomo esposto sul posto di lavoro - EASE) permette non solo di sviluppare calcoli dell'esposizione occupazionale secondo EASE, ma anche di stimare il rischio chimico per la salute dei lavoratori partendo dagli scenari d'esposizione ottenuti con EASE. In particolare con questo modello:

- L'inalazione è assunta come uniforme ed è espressa come concentrazione della sostanza chimica nella zona di lavoro, dove si respira, intesa come concentrazione media per un periodo, per convenzione, di 8 ore, pari ad un tipico turno di lavoro (per rappresentare esposizioni lunghe da confrontare con dati di tossicità croniche). Il modello fornisce direttamente risultati numerici di concentrazione della sostanza chimica, espressi in ppm e automaticamente convertiti anche in  $\text{mg}/\text{m}^3$ , sotto forma d'intervalli di valori d'esposizione.
- Il contatto cutaneo è considerato come uniforme ed è espresso come quantità potenziale totale della sostanza chimica depositata sulla pelle dell'uomo, mani ed avambracci pari a ca.  $2000 \text{ cm}^2$  di pelle, durante un giorno lavorativo.
- L'ingestione non viene quantificata.

Il modello EASE non è adatto per esposizioni acute e non tiene conto delle variabili relative alla quantità di sostanza impiegata ed all'intensità d'uso della sostanza chimica. Non predice esposizioni conseguenti a situazione particolari o speciali come a sovraccarichi elevati di lavoro o ad improvvisi rilasci di vapori della sostanza chimica. Il modello per l'inalazione, combinando diversi criteri logici, porta alla descrizione di 170 diversi scenari. Valori numerici di concentrazione sono assegnati ai vari scenari d'esposizione sulla base di dati sperimentali raccolti nella Banca Dati NEDB (*UK-HSE National Exposure DataBase*).

L'approccio *all'esposizione per inalazione di gas e vapori* consiste nello sviluppo logico (albero decisionale) dei seguenti 3 criteri:

- A) Proprietà fisiche della sostanza durante il suo uso (temperatura e pressione alle condizioni di processo, tendenza a formare aerosol)
- B) Pattern d'uso (tipo di processo)
  - Sistema chiuso (con possibilità di rottura del sistema chiuso)
  - Inglobato in una matrice
  - Non-dispersivo (uso controllato)
  - Molto dispersivo
- C) Pattern di controllo
  - Completo contenimento
  - Ventilazione locale delle emissioni (LEV)
  - Segregazione
  - Manipolazione diretta
  - Manipolazione diretta e ventilazione con diluizione

*L'esposizione a polveri* è trattata in modo diverso da quello dei gas e vapori e i criteri logici sono:

- Dimensioni delle particelle: Granulari (esposizione uguale a zero), Inalabili, Respirabili
- Tipo di polvere: Fibroso, Non-fibroso.

Per le polveri fibrose si può distinguere in polverosità (alta, media e bassa), in pattern d'uso (tipo di processo: macinazione a secco, manipolazione a secco e tecnologie a bassa polverosità), in pattern di controllo (con ventilazione locale delle emissioni - LEV- o senza).

Per le polveri non-fibrose si può distinguere in polveri (aggreganti o non), in pattern d'uso (tipo di processo: macinazione a secco, manipolazione a secco, tecnologie a bassa polverosità); in pattern di controllo (con e senza LEV).

*L'esposizione cutanea* attraverso gas e vapori è assunta essere molto bassa e quindi viene trascurata. Si assume, inoltre, che non ci siano protezioni di sorta e che l'esposizione, quindi, possa avvenire solo con lavorazioni di tipo manuale. Solo il contatto con solidi e liquidi è considerato importante. Tra i pattern d'uso e di controllo, solo quelli d'uso non-dispersivo e manuale comportano importanti esposizioni cutanee. I criteri dei livelli di contatto cutaneo sono 4: *nessuno*, *incidentale* (1 volta al giorno), *intermittente* (2-10 al giorno), *estensivo* (>10 al giorno). Gli intervalli d'esposizione calcolati sono stime basate su una ristretta serie di dati sperimentali provenienti da diverse fonti come: US-EPA, UK-HSE e letteratura scientifica. Le unità d'esposizione sono espresse in  $\text{mg}/\text{cm}^2$ .

#### 4. ESEMPIO DI CREAZIONE DI UNO SCENARIO MEDIANTE UTILIZZO DI EASE

Al fine di evidenziare il contributo che l'uso del software EUSES in modalità V (EASE)<sup>3</sup>, può apportare nell'ambito della valutazione del rischio delle sostanze pericolose in azienda, è stato studiato il caso dell'esposizione a stirene nel comparto della vetroresina.

Come riferimento sono stati considerati il ciclo produttivo e i dati dei monitoraggi riportati in due studi [PAPA *et al*, 2001, RUSPOLINI & TAGLIERI, 2003] relativi rispettivamente ad aziende delle regioni Marche ed Umbria dedite alla produzione di scafi navali, caschi, tubazioni ed altri oggetti in vetroresina.

Studi di letteratura relativi al settore di produzione di manufatti in vetroresina hanno evidenziato delle situazioni particolarmente critiche per quanto riguarda la diffusione di vapori di stirene negli ambienti di lavoro. Infatti, l'alta tensione di vapore della sostanza e la necessità di realizzare manufatti caratterizzati molto spesso da elevati sviluppi superficiali facilitano ed incrementano la diffusione dei vapori, creando situazioni di rischio per gli operatori che per le particolari tecniche operative impiegate sono chiamati ad intervenire a breve distanza dalle fonti di inquinamento.

- In particolare si è fatto riferimento alla descrizione del ciclo lavorativo e dell'esposizione a stirene nel caso della mansione di verniciatore (resinatore/gelcottatore) che si occupava dell'applicazione sugli stampi delle resine poliestere-stiroliche e del materiale di rinforzo (fibre di vetro).

La resinatura veniva effettuata, per i pezzi di dimensioni medio – grandi, utilizzando una macchina “tagliaspruzzo” costituita da una pistola a cui pervenivano aria compressa, resina poliestere sospesa in stirene e fibre di vetro con applicazione a spruzzo della resina; nel caso di pezzi di piccole dimensioni l'applicazione della resina sullo stampo era eseguita manualmente mediante impiego di rulli per la stesura della resina stirenica.

Nel primo studio erano riportati, per campionamenti personali effettuati su 6 soggetti, valori di intervalli di esposizione pari a 16 – 28 ppm (Umbria) e 13 – 38 ppm (Marche).

Nel secondo studio, invece, condotto su un gruppo di aziende della sola regione Umbria, l'esposizione a stirene giornaliera era risultata compresa tra 2 e 34 ppm mentre per il solo ciclo di verniciatura, stimato della durata di 60 minuti, si era riscontrato un'esposizione variabile tra 21 e 25 ppm. Solo nell'azienda dell'Umbria del primo studio era presente un sistema di aspirazione localizzata, mentre in un'azienda delle Marche non era presente nemmeno un sistema di ricambio d'aria.

Per stimare l'esposizione professionale inalatoria a stirene con EASE è stata considerata una giornata lavorativa con 4 eventi (verniciature) di durata pari a 60 minuti; la temperatura è stata fissata pari a 25°C e come “modalità di uso” è stato considerato l' “uso non-dispersivo” (in condizioni controllate).

I dati utilizzati relativi allo stirene sono riportati in Tabella 1.

Si fa presente che per lo stirene il valore limite TLV – TWA stabilito dall'ACGIH è pari a 20 ppm ed il valore limite TLV – STEL è pari a 40 ppm [AIDII, 2008].

Tabella 1: dati chimico fisico dello stirene

Peso molecolare	104.5 g.mol <sup>-1</sup>	Tensione di vapore a 25°C	0.945 kPa
Punto di fusione	-30.6 °C	Solubilità in acqua a 20°C	300 mg.l <sup>-1</sup>
Punto di ebollizione	145.5°C	Solubilità in acqua a 25°C	321 mg.l <sup>-1</sup>
Tensione di vapore a 20°C	0.67 kPa	Coeff. ripartizione ottanolo-acqua	3 log10

I risultati ottenuti nel caso di “uso non dispersivo” e considerando le diverse modalità di controllo previste da EASE sono riportati nella seguente Tabella 2 .

<sup>3</sup>Manuale UNICHIM 192/3 (Edizione 2009), “La sicurezza nei laboratori. Valutazione dei rischi chimici”, in corso di pubblicazione

Tabella 2: risultati con EASE

Scenario	Pattern of control	Concentrazione in aria (ppm)		Dose assorbita (mg.kgbw <sup>-1</sup> .d <sup>-1</sup> )	
		Formazione di aerosol		Formazione di aerosol	
		no	si	no	si
1	Manipolazione diretta	70-100	> 1000	26.1-37.3	> 373
2	Ventilazione con diluizione	20-50	500-1000	7.45-18.6	186-373
3	Segregazione	5-10	200-500	1.86- 3.73	74.5-186
4	Aspirazione localizzata (LEV)	1-3	100-200	0.373 – 1.12	37.3 – 74.5
5	Pieno contenimento	0-0.1	0-0.1	0 - 0.0373	0 - 0.0373

Si ritiene che la modalità di controllo “segregazione” possa corrispondere alla cabina di verniciatura aspirata e la modalità di controllo “pieno contenimento” alla verniciatura in sistema chiuso.

Dai risultati riportati in tabella appare evidente come, se si ipotizza la non formazione di aerosol, aumentando le modalità di controllo sul sistema, e passando quindi dalla manipolazione diretta al LEV ed al pieno contenimento, diminuiscono drasticamente i valori stimati di concentrazione di stirene nell’aria fino quasi ad annullarsi, nel caso del pieno contenimento come modalità di controllo.

Se si considera invece realistica la formazione di aerosol, la concentrazione stimata di stirene a cui è esposto il lavoratore aumenta drammaticamente e solo la modalità di controllo “pieno contenimento” risulterebbe efficace nell’abbattimento della concentrazione in aria.

Va notato che l’uso non dispersivo con modalità di controllo “segregazione” e “LEV”, e quindi il fatto di lavorare all’interno di una cabina di verniciatura aspirata od in presenza di un sistema di aspirazione localizzata, abbassa l’esposizione a stirene al di sotto del valore limite di TLV – TWA pari a 20 ppm.

I valori di esposizione stimati con il programma, sono da considerarsi abbastanza in linea con quelli trovati sperimentalmente nei due studi sopra citati. Essi sono stati ottenuti, se si ipotizza la non formazione di aerosol, per l’uso non dispersivo con modalità di controllo “ventilazione con diluizione” che rappresenta la situazione effettivamente riscontrata nella maggior parte delle aziende prese in esame dove era presente in genere solo un sistema di ricambio d’aria. Tali valori, risultano leggermente più alti di quelli sperimentali e ciò conferma che EASE tende a sovrastimare l’esposizione.

## 5. CONCLUSIONI

Il programma integrato EUSES/EASE, nella versione 2.1, è semplice, di facile applicazione, richiede un numero limitato di input ed è in grado di simulare diversi scenari d’esposizione.

Si tratta di un modello di calcolo di tipo conservativo che tende a sovrastimare l’esposizione, risultando però utile per la stima dell’esposizione professionale nell’ipotesi di caso peggiore.

Può sicuramente essere usato come strumento preliminare, d’indirizzo e di “screening” alle indagini sperimentali, ed essere d’ausilio per impostare la stima dell’esposizione occupazionale e la scelta delle corrette misure di controllo del rischio delle sostanze chimiche nell’ambiente di lavoro.

La creazione degli scenari di esposizione, come anche evidenziato nel presente lavoro, è un processo complesso, che presenta diverse criticità e che deve quindi essere condotto da igienisti industriali esperti.

I risultati, poi, opportunamente interpretati, elaborati e calati nelle singole realtà produttive, costituiscono un valido aiuto alla valutazione del rischio. Infine si sottolinea come anche i soli scenari di esposizione richiesti dal REACH, in particolare per quanto riguarda gli usi specifici delle sostanze fatti dagli utilizzatori a valle, possono rappresentare un valido strumento di supporto nel processo di valutazione del rischio delle sostanze pericolose previsto dal Titolo IX del D.Lgs. 81/2008.

## BIBLIOGRAFIA

**AIDII –Associazione italiana degli igienisti industriali:** Valori limite di soglia, indico biologici di esposizione ACGIH 2008 e valori limite di soglia UE, 2008 suppl. al vol 33 n. 2.

**B. Papaleo, L. Caporossi, L. Marcellini, C. Colagiaco, M. De Rosa, A. Pera:** REACH: quali opportunità per la tutela della salute dei lavoratori?, 2007, Prevenzione oggi, Vol. 3, n. 1, pagg. 41-51

**European Commission Joint Research Centre:** versioni aggiornate di EUSES integrato con EASE [www.ecb.jrc.ec.europa.eu/](http://www.ecb.jrc.ec.europa.eu/)

**F. Ruspolini, L. Taglieri:** La mappa dei rischi nei comparti produttivi umbri: la produzione di manufatti in vetroresina; 2003, ed. INAIL

**G. Papa, F. Ruspolini, L. Taglieri, M.I. Barra, P. De Blasi, M.R. Fizzano, G. Gargaro, P. La Pegna:** Valutazione dell'inquinamento da solventi nell'industria di manufatti in materiale composito: il caso delle vetroresina, 2001, 2° Seminario dei professionisti Contarp "Dal controllo alla consulenza in azienda", Cuneo 2001

**R. Finesi:** L'interazione fra il REACH e il titolo IX D.Lgs. 81/08. Scenari di esposizione: strumenti e finalità, 2008, convegno RisCh'2008 – Sostanze pericolose, pag 135-154

**REGOLAMENTO (CE) N. 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO** del 18 dicembre 2006 concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione e la restrizione delle sostanze chimiche (REACH), che istituisce un'agenzia europea per le sostanze chimiche, che modifica la direttiva 1999/45/CE e che abroga il regolamento (CEE) n. 793/93 del Consiglio e il regolamento (CE) n. 1488/94 della Commissione, nonché la direttiva 76/769/CEE del Consiglio e le direttive Commissione 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE e 2000/21/CE, in GUCE L 396 del 30.12.06

# **NUOVI RISCHI DA DISFUNZIONI ORGANIZZATIVE E PATOLOGIE STRESS LAVORO-CORRELATO: REPORT DELLO STUDIO DI CASI DENUNCIATI IN SICILIA**

D. BELLOMO<sup>1</sup>, V. CASSARA<sup>2</sup>, M.P. MARINO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INAIL – Direzione Regionale Sicilia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup> INAIL – Direzione Regionale Sicilia - Sovrintendenza Medica

<sup>3</sup> INAIL – Direzione Regionale Sicilia- Ufficio Attività Istituzionali

## **RIASSUNTO**

Partendo da una descrizione dello stress psico-sociale, il presente lavoro analizza 44 casi di malattie professionali da stress sul lavoro denunciate all'INAIL Sicilia dal 2001. I dati del fenomeno rilevano i soggetti interessati, il tipo di aziende e le mansioni, le patologie, le cause di rischio, il contenzioso, ecc. inquadrandosi nell'ambito dei rischi stress lavoro-correlati di cui al D. Leg.vo 81/2008 e della tutela assicurativa ante e post Circolare INAIL 71/2003.

## **SUMMARY**

This paper starts from psycho-social stress description and shows a report about 44 stress-related occupational illnesses claimed for compensation to INAIL in Sicily since 2001. Data are about interested people, type of organization and job, occupational diseases, risk factors, administrative and civil cases, etc. The study is referred to related-work stress according to “Decreto legislativo 81/2008” and to workers’ accident insurance managed by INAIL.

## **1. INTRODUZIONE**

Nella sua Costituzione del 7 aprile 1948, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS - WHO) inserì una nuova e ambiziosa definizione di salute che superava la vecchia concezione bio-medica opponente salute a malattia e includeva quegli aspetti dello “star bene” legati alle condizioni psichica e sociale degli individui. Salute era (ed è) uno “stato di completo benessere fisico, mentale e sociale, e non soltanto assenza di malattia”. Il concetto di salute acquisiva quindi una nuova natura: non solo mancanza di stato d'infermità ma anche espressione soggettiva della pienezza del benessere psico-fisico-mentale della persona. Accogliendo tale idea di salute integrale, estesa alla sfera relazionale, la recente normativa italiana su salute e sicurezza sul lavoro (D. Leg.vo 81/2008) ha esplicitato di valutare pure i rischi psico-sociali da stress lavoro-correlato<sup>1</sup>.

## **2. LO STRESS PSICO-SOCIALE**

Lo stress è una normale reazione di adattamento ad uno stato di tensione fisica e mentale, che consente di affrontare situazioni della vita richiedenti particolare attenzione e sforzo, ma che in condizioni estreme possono causare patologie. Lo stress è una reazione complessa che attiva strutture e funzioni diverse dell'organismo. Esiste un livello ottimale di stimolazione che genera condizione di benessere o “eustress”, mentre livelli superiori o inferiori generano condizioni di “distress” che possono portare a vere e proprie patologie organiche e psichiche. La suscettibilità e la predisposizione individuali sono elementi determinanti per l'evoluzione del processo. Tra le variabili c'è pure il significato attribuito all'evento, che costituisce tappa limitante per lo sviluppo del processo. Selye ha ben espresso il concetto e la difficoltà di studio dello stress dicendo che “ciò che è stressante per una persona può non esserlo per un'altra”.

L'evidenza scientifica dimostra che nella classificazione degli eventi stressanti quelli connessi al lavoro si collocano al settimo posto e, pur tuttavia, hanno una notevole rilevanza. Si può affermare

---

<sup>1</sup> La definizione di salute è trascritta nell'art. 2 del D. Leg.vo 81/2008

che le caratteristiche fisiche e psico-sociali del lavoro, interagendo con eventi stressanti della vita extralavorativa e dell'ambiente familiare, giocano un ruolo cruciale nel determinare lo stress e i disturbi psico-fisici ad esso correlati. Tra le più autorevoli definizioni di stress dovuto al lavoro è da citare quella del NIOSH<sup>2</sup> (1999), che lo descrive come *“un insieme di reazioni fisiche ed emotive dannose che si manifestano quando le richieste poste dal lavoro non sono commisurate alle capacità, risorse o esigenze del lavoratore”*.

L'esposizione prolungata a situazioni stressanti che non si risolvono può far insorgere o aggravare disturbi e patologie sia fisiche sia psichiche. In particolare:

- disturbi comportamentali (eccessi alimentari, voluttuari e farmacologici ); disturbi del sonno, ansietà, tensione, insofferenza, depressione; disturbi da riduzione delle abilità e della performance in generale, disturbi della memoria ecc;
- patologie cardiovascolari; disfunzioni del sistema gastrointestinale; dermatopatie; disturbi muscolo-scheletrici da tensione; malattie psichiche.

In Tabella 1, le principali sindromi correlabili ad eventi stressanti secondo il DSM IV<sup>3</sup>.

Tabella 1 – Principali sindromi correlabili ad eventi stressanti

<b>Disturbi dell'adattamento</b>	“La caratteristica fondamentale di un Disturbo dell'Adattamento è una risposta psicologica ad uno o più fattori stressanti identificabili che conducono allo sviluppo di sintomi emotivi o comportamentali clinicamente significativi. I sintomi devono svilupparsi entro 3 mesi dall'esordio del fattore o dei fattori stressanti”. I disturbi sono d'ansia (instabilità emotiva, stati di allerta, incapacità di rilassarsi, sonno disturbato, ansia somatizzata) o depressivi.
<b>Reazione acuta da stress</b>	La reazione acuta da stress (o “Disturbo acuto da stress”) insorge molto presto dopo il verificarsi di un evento fortemente traumatico e si presenta con ansia, depressione, disperazione, accessi d'ira, condizione di isolamento. Può essere grave ma in genere regredisce in pochi giorni. Alcuni mesi dopo una reazione acuta da stress si può manifestare un disturbo post traumatico da stress.
<b>Disturbo (o “sindrome”) post-traumatico da stress DPTS</b>	E' “una risposta ritardata e protratta ad un evento stressante o a situazioni (di breve o lunga durata) di natura eccezionalmente minacciosa o catastrofica, in grado di provocare diffuso malessere in quasi tutte le persone” (ICD-10) <sup>4</sup> . Insorge dopo un periodo di latenza, talvolta superiore ai sei mesi. In forma meno grave è assimilato a una condizione ansioso-depressiva. Accanto a tali sintomi si presentano aspetti clinici peculiari. Uno dei comportamenti più frequenti e più evidenti è la monotematica fissazione del pensiero sugli eventi traumatici (ossessione del ricordo dell'evento e conseguente ripetitività nei discorsi). Ha una vistosa componente somatica legata allo stato emotivo: sudorazione, tensione muscolare, crisi ipertensive, reazioni gastrointestinali. Tra le reazioni emotive ci sono vere e proprie manifestazioni fobiche. Tra le cause, tutti gli eventi traumatici violenti (tortura, prigionia, isolamento, ecc.) e tra essi condizioni di mobbing più gravi.

Impropriamente, nell'ambito delle malattie da stress viene compreso il “mobbing”. In realtà, i due termini vengono spesso confusi ed usati indifferentemente per definire situazioni che, benché trovino entrambe il terreno di coltura nell'ambiente lavorativo e possano determinare conseguenze sul piano psico-fisico, sono pure del tutto diverse, considerata la differente rilevanza giuridica degli elementi costitutivi delle due fattispecie. Il mobbing si concretizza in un insieme di azioni o comportamenti caratterizzati da precise finalità; appare di tutta evidenza che esso non può essere annoverato tra le malattie da stress, potendo semmai costituire eventuale causa di queste ultime.

### 3. ASPETTI NORMATIVI

Il D.M. 14 gennaio 2008 ha aggiornato e modificato l'elenco delle malattie per le quali c'è l'obbligo di denuncia ex art. 139<sup>5</sup> del DPR 30 giugno 1965 n. 1124, mantenendo inalterato l'inquadramento

<sup>2</sup> National Institute for Occupational Safety and Health

<sup>3</sup> Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders - American Psychiatric Association

<sup>4</sup> International Statistical Classification of Diseases, Injuries and Causes of Death - WHO

<sup>5</sup> Art. 139: “E' obbligatorio per ogni medico, che ne riconosca l'esistenza, la denuncia delle malattie professionali, che saranno indicate in un elenco da approvarsi con decreto del Ministro per il lavoro e la previdenza sociale di concerto con quello per la sanità, sentito il Consiglio superiore di sanità ...”

delle malattie psichiche e psicosomatiche da disfunzioni dell'organizzazione del lavoro, già introdotto con il D.M. 27 aprile 2004. L'elenco è suddiviso in tre liste di malattie, rispettivamente con: elevata probabilità di origine lavorativa (lista I), limitata probabilità (lista II) e possibile origine lavorativa (lista III). Inserisce le malattie psichiche e psicosomatiche nella lista II come gruppo VII. Le malattie in lista I costituiscono la base per l'aggiornamento delle nuove tabelle delle malattie professionali di cui agli artt. 3 e 211 del Testo Unico dell'Assicurazione mentre le altre malattie vanno tenute sotto controllo al fine di monitorarle e meglio definirne l'insorgenza per cause correlate all'attività professionale.

Ai fini dell'indennizzo del danno biologico, il D. M. 12 luglio 2000 considerava già nella sua tabella delle menomazioni il Disturbo post-traumatico da stress cronico, prevedendo un grado di danno da 0% a 15% a seconda della sua gravità (moderato, severo).

Il nuovo Testo Unico sulla Sicurezza nei luoghi di lavoro (D. Leg.vo 81/2008) ha messo in risalto che il Datore di lavoro deve valutare tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, con specifico riferimento anche ai rischi da stress lavoro-correlato, secondo i contenuti dell'Accordo europeo dell'8 ottobre 2004. Il dettato dell'art. 28 - Oggetto della valutazione dei rischi - rileva quindi che lo stress va considerato e valutato al pari di altri fattori di rischio al fine di individuare, adottare, verificare le misure di tutela necessarie a prevenire danni alla salute "totale" dei lavoratori.

#### **4. L'ACCORDO EUROPEO SULLO STRESS SUL LAVORO DELL'8 OTTOBRE 2004**

L'Accordo è stato siglato a Bruxelles dal sindacato europeo (CES) e dalle più rappresentative associazioni datoriali europee. Costituisce una pietra miliare per far comprendere, condividere, prevenire, gestire i problemi dello stress<sup>6</sup> da lavoro. I punti fondanti dell'Accordo rilevano che: lo stress da lavoro è un problema comune a datori di lavoro e a lavoratori; può colpire potenzialmente in ogni luogo di lavoro e qualunque lavoratore; assumerlo come problema può voler dire più efficienza e un netto miglioramento delle condizioni di salute e sicurezza, con benefici economici per aziende, lavoratori e società tutta. Attenzione, però, che non tutte le manifestazioni di stress sul lavoro sono causate dallo stesso. Scopo preminente dell'Accordo è migliorare la consapevolezza e la comprensione delle parti sullo stress da lavoro e individuarne i sintomi. Obiettivo principale è offrire un modello per individuare, prevenire, gestire i problemi ad esso correlati, con esclusione di violenza e sopraffazione sul lavoro, e stress post-traumatico. Il modello è ispirato al ciclo PDCA<sup>7</sup> e si focalizza su significato e forme di stress da lavoro, sui più comuni e rilevanti indicatori di problemi correlati, sulle responsabilità datoriali e dei lavoratori (ex direttiva europea 89/391 sulla tutela della salute e sicurezza sul lavoro), sugli interventi di prevenzione e riduzione degli effetti, sull'attuazione e sul loro controllo nel tempo. La prevenzione è fattibile con misure individuali e/o collettive agendo ad esempio con politiche anti-stress, integrate sia sul versante valutazione degli effetti sia sull'efficacia di prevenzione. Può comprendere: misure gestionali e di comunicazione; azioni di miglioramento generale di organizzazione/processi/ambiente; formazione di dirigenti e lavoratori - che contempli anche le cause di stress e le modalità per affrontarlo e/o adattarsi al cambiamento; informazione e consultazione di lavoratori e/o dei loro rappresentanti.

#### **5. LA TRATTAZIONE INAIL DELLA DENUNCE DI MALATTIE PROFESSIONALI STRESS LAVORO-CORRELATO O DA "COSTRITTIVITÀ ORGANIZZATIVE"**

##### **5.1 La Circolare INAIL n. 71 del 2003**

Le prime istruzioni per definire le denunce di Malattie psichiche e psicosomatiche da stress e disagio lavorativo, compreso il mobbing, risalgono al 2001<sup>8</sup>. In esse c'era già il seme dei principi

<sup>6</sup> Lo stress è definito uno stato, che si accompagna a malessere e disfunzioni fisiche, psicologiche o sociali e che consegue dal fatto che le persone non si sentono in grado di superare i gap rispetto alle richieste o alle attese nei loro confronti.

<sup>7</sup> Plan, Do, Check, Act

<sup>8</sup> Lettera della Direzione Centrale Prestazioni e della Sovrintendenza Medica Generale del 12 settembre 2001

fondanti del protocollo valutativo poi messo a punto e diffuso con la Circolare 71 del 2003, ossia: condizioni di stress e disagio lavorativi conseguenti a fattori ambientali-organizzativi, includenti il c.d. “mobbing strategico” possono causare patologie psichiche e psicosomatiche meritevoli di attenzione e tutela assicurativa dell’INAIL, (...). Lo stress è un fattore morbigeno che può presentarsi ed agire in ambiente di lavoro attraverso situazioni ascrivibili al “mobbing strategico” e/o a situazioni derivanti dalla crescente “costrittività organizzativa”. La Circolare 71/2003 forniva dettagliate istruzioni sul rischio tutelato, la diagnosi di malattia professionale e le modalità di trattazione delle denunce di Disturbi psichici da c.o. sul lavoro, definendo un vero e proprio protocollo operativo di diagnosi medica ed eziologica. E’ ben noto che la Circolare è stata annullata dal TAR Lazio nel 2005 su opposizione di CONFINDUSTRIA e altri, poi impugnata dall’INAIL davanti il Consiglio di Stato e recentemente confermata dallo stesso (sentenza n. 1576/2009 del 26 marzo 2009) con la motivazione che le malattie riconducibili alle condizioni organizzative e ambientali del lavoro non possono essere considerate come malattie professionali, poiché non contratte a causa di un rischio specifico delle lavorazioni di cui al Testo Unico dell’Assicurazione (articoli 1 e 4). Il pronunciamento del Consiglio di Stato appare già in contrasto con la normativa vigente e con gli orientamenti giurisprudenziali consolidati in materia di tutela assicurativa delle malattie professionali non tabellate, e, verosimilmente, sarà oggetto di nuove valutazioni nel merito. Qui si vuole tuttavia sottolineare un principio generale di grande importanza per la tutela del lavoratore sostenuto con la Circolare INAIL 71/2003 (e che si ritiene valido) e cioè che il rischio tecnopatico rilevante da un punto di vista assicurativo non deriva esclusivamente dalla nocività delle lavorazioni ma anche da particolari condizioni dell’attività e dell’organizzazione aziendale. La costrittività organizzativa (c.o.) è definita come condizioni di rischio che si determinano per incongruenze nel processo organizzativo<sup>9</sup>. Comprende anche il mobbing strategico, purché correlabile a finalità lavorative miranti ad allontanare o emarginare un lavoratore e attuate con azioni riconducibili ai tipici elementi di c.o. o ad altri similari. Le più frequenti forme di incongruenze dei processi organizzativi sono elencate nella Circolare e, va sottolineato, sono indicate già nel citato D.M. 27 aprile 2004 come agenti/lavorazioni/esposizioni da cui possono originarsi malattie psichiche e psicosomatiche. Tra le costrittività ci sono: marginalizzazione dall’attività lavorativa, svuotamento di mansioni, ripetuti trasferimenti ingiustificati, prolungata attribuzione di compiti esorbitanti, ecc. Tali fattori di rischio devono agire su un lavoratore in modo organizzato, sistematico e durevole.

Due le affezioni considerate nell’ambito classificativo dei disturbi psichici e comportamentali: la sindrome da disadattamento cronico e la sindrome post traumatica da stress DPTS - definite nel § 2. Con l’annullamento della Circolare 71, le costrittività organizzative tornano a considerarsi fattori di rischio generico e non già specifico, comportando in concreto una trattazione dei casi secondo un percorso valutativo più aderente a quello del sistema extra-tabellare<sup>10</sup>, lasciando di fatto più discrezionalità nel processo istruttorio<sup>11</sup>. Continua il supporto delle indagini ispettive - criticate dal TAR Lazio - per ricostruire il quadro degli elementi di rischio, limitandosi però alla verifica di quanto asserito dal denunciante più che a ricercare o ad approfondire sui fattori di rischio.

## 5.2 La Sentenza del TAR Lazio n. 5454 del 4 luglio 2005

Premesso che i disturbi psichici e psicosomatici da disfunzioni dell’organizzazione del lavoro o c.o. sono genericamente indicati o ricondotti al “mobbing”, il TAR ha focalizzato l’argomento di controversia “sull’opposizione a che il c.d. mobbing, attraverso vari mezzi, assurga a malattia tipizzata indennizzabile in assenza di definizioni scientifiche certe.”

Senza alcuna finalità di analisi della sentenza, si evidenziano alcuni punti salienti ai fini d’interesse:

<sup>9</sup> La prima definizione leggibile nella relazione per il C.d.A. INAIL della Direzione Centrale Prestazioni del 17 luglio recita: incongruenze delle scelte di processo organizzativo

<sup>10</sup> Sentenza della Corte Costituzionale n. 179/88

<sup>11</sup> Circolare INAIL n. 70 del 2001

Il primo: le malattie connesse ai fattori di c.o. o mobbing non possono essere trattate secondo percorsi di accertamento tipici della malattia tabellata (con obbligo interno in carico agli ispettori non solo di verificare ma anche di integrare gli elementi oggettivi dei fattori di nocività), beneficiando della presunzione relativa di origine eziologia dall'attività lavorativa ed invertendo di fatto il c.d. onere della prova, che è del lavoratore. Il secondo: la Circolare indica una sorta di relazione biunivoca tra le due sindromi<sup>12</sup> ed i fattori individuati di c.o. senza -a parere del Tribunale- essere supportata da "consolidata e seria letteratura". Le modalità di trattazione dei casi non esaminano inoltre con attenzione il necessario nesso di causalità malattia-fattori di pericolosità. In sostanza, si ravvede una sorta di semplificazione dell'accertamento eziologico malattia-fattore di rischio riconducendo patologie multifattoriali a complessa definizione d'origine ad un quadro casistico preconstituito, limitato a fattori comportamentali potenzialmente generatori - con elevata probabilità - di disturbi psichici e quindi ad essi facilmente correlabili in via presuntiva. Il terzo: si osserva e si censura un "irrigidimento della definizione di costrittività organizzativa, quale pratica morbigena indennizzabile, in assenza non solo di un'esatta definizione normativa della stessa e di univoci indirizzi della giurisprudenza, ma soprattutto del doveroso approfondimento scientifico-medico al riguardo." Per altro, "... non è legittimo, né possibile ricondurre tutte le dinamiche delle relazioni di lavoro all'interno di un'impresa alla c.d. "c.o...." (Cfr. § 3.3. Sentenza). Il quarto: è corretta l'inclusione del mobbing nella lista di malattie a limitata probabilità di origine lavorativa di cui al D.M. 27 aprile 2004, che non "legittima a posteriori" i contenuti della Circolare 71/2003.

## 6. DATI STATISTICI

Le Tabelle 2 e 3 mostrano un'elaborazione di dati statistici sui disturbi dell'adattamento cronico e post-traumatico da stress cronico manifestatisi negli anni 2004-2007. Si fa di seguito una brevissima disamina sulla dimensione del fenomeno, lasciando al lettore le osservazioni d'interesse.

In Italia, i casi di disturbo dell'adattamento cronico (DAC) complessivamente denunciati ammontano a 700, con il 9,1% indennizzato. Le denunce di disturbi post-traumatici da stress cronico (DPTS) sono state 543 con il 9,9% indennizzato. In Sicilia, i casi di DAC denunciati nel periodo 2004-2007 sono 15 e quelli di DPTS sono 28. Nessun caso risulta "indennizzato". Approfondendo, si vedrà che ci sono stati alcuni "accoglimenti".

Tabella 2 – Casi di Disturbi psichici e psicosomatici da "costrittività organizzative" denunciati ed indennizzati<sup>13</sup> in Italia ed in Sicilia per anno di manifestazione<sup>14</sup> (Banca Dati Statistica BDS INAIL aggiornata al 31/10/2008)

<b>Disturbo dell'adattamento cronico DAC</b>								
	2004		2005		2006		2007	
	Denunce	Indennizzi	Denunce	Indennizzi	Denunce	Indennizzi	Denunce	Indennizzi
<b>Italia</b>	192	21	170	22	159	13	179	8
<b>Sicilia</b>	5	-	4	-	3	-	3	-
<b>Disturbo post-traumatico da stress cronico DPTS</b>								
	2004		2005		2006		2007	
	Denunce	Indennizzi	Denunce	Indennizzi	Denunce	Indennizzi	Denunce	Indennizzi
<b>Italia</b>	144	14	144	18	120	13	135	9
<b>Sicilia</b>	14	-	6	-	3	-	5	-

<sup>12</sup> Disturbo dell'adattamento cronico e Disturbo post traumatico da stress cronico

<sup>13</sup> Comprendono i casi indennizzati sia in temporanea sia in permanente

<sup>14</sup> I dati delle denunce potrebbero essere incompleti per effetto di attribuzioni dei casi in fase di protocollazione ad altre patologie e disturbi psichici. I dati indennizzati del 2007 non sono consolidati

Guardando al tipo di danno tutelato (Tabella 3), a livello nazionale si osserva che buona parte dei “disturbi” (80% e 79%) ha generato inabilità permanente, con grado medio intorno al 9%; le definizioni con sola inabilità temporanea assoluta hanno la durata media di 152 e 153,5 giorni.

Tabella 3 – Casi di Disturbi psichici e psicosomatici da “costrittività organizzative” manifestatisi nel periodo 2004-2007 indennizzati e riconosciuti in Italia e relative definizioni assicurative (BDS INAIL aggiornata al 31/10/2008)

Malattie	Inabilità temporanea	Durata media in giorni	Inabilità permanente	Grado medio	Totale Inabilità	Riconosciuti senza indennizzo
Disturbo dell'adattamento cronico	7	152	57	8,75	64	7
Disturbo post-traumatico da stress cronico	4	153,5	50	9,25	54	9

### 7. I CASI DI DISTURBI DA STRESS MANIFESTATISI IN SICILIA

Il monitoraggio e lo studio analitico di 44 casi di patologie da stress denunciate in Sicilia tra il 2001 ed il 2008 - valutati dalla Sovrintendenza Medica Regionale - mostrano il seguente fenomeno.

*La distribuzione per sesso è di 30 maschi (68%) e 14 femmine; l'età dei maschi alla data di manifestazione è in media 50 anni; il più giovane ha 34 anni (impiegato tecnico laureato, indotto raffineria) ed il più anziano 64 (impiegato postale con diploma scuola media). L'età delle femmine è in media 48 anni; la più giovane ha 38 anni (responsabile commerciale con diploma di scuola superiore) e la più anziana 57 (impiegata postale con diploma di scuola superiore). Una disamina più approfondita mostra in generale una concentrazione nelle fasce di età 54-58 anni con il 29,5% dei lavoratori e 44-48 con il 23% (Figura 1).*

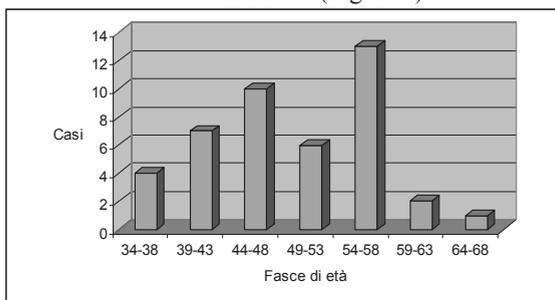


Figura 1 – Distribuzione delle età dei lavoratori

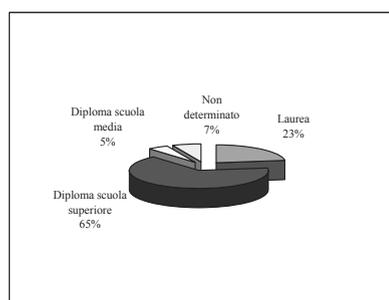


Figura 2 – Titolo studio dei lavoratori

Il livello di istruzione dei denunciati è medio-alto, con ben il 23% di laureati (Figura 2).

Rispetto alle aziende di appartenenza ed alle mansioni si osserva che il 25% delle richieste provengono da lavoratori di Comuni con mansioni di: insegnante psicologo, specialista area vigilanza (tre casi), agente (due casi) - ispettore - istruttore di polizia municipale, comandante VV.UU., impiegato (due casi). Il 9% circa proviene da: Poste (tre impiegati, un dirigente), USL/Ospedale (capo servizio neuropsichiatria, due medici, infermiere), Commercio (cassiera, venditore, responsabile, rappresentante), Raffineria/indotto (capo turno processo, operatore polivalente turnista, geometra, impiegato tecnico), Associazioni/società assistenza malati, riabilitazione, servizio 118 (tre impiegati, un infermiere). Il 7% circa riguarda le Ferrovie, con due operatori ed un capo stazione. Tra gli altri ambiti interessati ci sono: Banca e Assicurazione (4,5% ciascuna, impiegati, ispettore), Azienda telefonica - Call center (impiegato tecnico-amministrativo), Azienda farmaceutica (informatore scientifico), ecc.

Le patologie denunciate (Tabella 4) sono riconducibili sostanzialmente al Disturbo post traumatico da stress cronico (43%) ed al Disturbo dell'adattamento cronico (25%).

Tabella 4 – Patologie denunciate con codice nosologico INAIL

<b>Codice M</b>	<b>Patologia denunciata</b>	<b>N. casi</b>
136	Psicosi schizofrenica	1
138	Sindromi neurotiche - disturbi della personalità	2
141	Affezioni psicosomatiche	1
<b>144</b>	<b>Disturbo dell'adattamento cronico</b>	<b>11</b>
<b>145</b>	<b>Disturbo post traumatico da stress cronico</b>	<b>19</b>
152	Altre malattie del sistema nervoso centrale	1
194	Ipertensione con cardiopatia	1
214	Altre cerebropatie vascolari	1
Non codificati		7

Le patologie riscontrate in fase di accertamento medico-legale INAIL (Tabella 5) rilevano, invece, un evidente aumento di “Altre forme psicotiche” e soprattutto di “Assenza della tecnopatia” (14%).

Tabella 5 – Patologie riscontrate con codice nosologico INAIL

<b>Codice M</b>	<b>Patologia riscontrata</b>	<b>N. casi</b>
137	Altre forme psicotiche	4
141	Affezioni psicosomatiche	2
<b>144</b>	<b>Disturbo dell'adattamento cronico</b>	<b>5</b>
<b>145</b>	<b>Disturbo post traumatico da stress cronico</b>	<b>10</b>
194	Ipertensione con cardiopatia	1
997	Assenza della MP denunciata	6
Non codificati		16

Passando alle tipologie di *elementi “stressogeni”*, si osserva la netta prevalenza di conflittualità verticale /orizzontale e di demansionamento, seguiti dai trasferimenti ripetuti. Nel dettaglio si ha:

- conflittualità interpersonali con superiori e/o tra colleghi: 36,4% (un caso, con fattori familiari)
- demansionamento: 25 % (associato in tre casi a fattori personali, conflittualità, turni eccessivi)
- trasferimenti ripetuti: 11,4 %
- marginalizzazioni: 4,5%
- turni incalzanti e lavoro stressante/turni e conflitti: 4,5%
- altro 18,2%: attribuzione protratta di compiti esorbitanti; tipo di lavoro; organizzazione lavoro carente o con problemi da obiettivi contraddittori e turni; insoddisfazione; mobbing strategico.

Le denunce sono talvolta integrate da relazioni psicologiche di centri anti-mobbing di strutture sanitarie pubbliche (USL) che mettono a fuoco il quadro causale della patologia.

Premesso che solo una denuncia (2008) è in corso di valutazione, la percentuale di *accoglimento degli eventi manifestati* è del 9,1%. Diventa 18%, considerando pure i riconoscimenti su opposizione amministrativa o sentenza. In totale, risultano indennizzati solo tre casi ed un altro lo sarà a breve; quattro sono stati comunque riconosciuti come tecnopatie. In Tabella 6, la sintesi.

Tabella 6 – Casi riconosciuti e indennizzati

<b>Data evento</b>	<b>Sesso Età</b>	<b>Mansione/azienda</b>	<b>Fattore di rischio</b>	<b>Patologia denunciata - % danno biologico</b>	<b>Nosologia di uscita<sup>15</sup></b>
2004	M /39	Impiegato/Consorzio riabilitazione	Conflittualità con superiori	Disturbo dell'adattamento, ansia, umore depresso cronicizzato con disturbi somatici clinicamente accertati - 5 %	Disturbo post traumatico da stress cronico DPTS (da problemi di relazione con superiori)
2004	F/52	Dirigente/Poste	Conflittualità interpersonale	Disturbo dell'adattamento cronico DAC con ansia e umore depresso - 10% Valutazione CTU 2008 in giudizio c/INAIL, accolta	Disturbo dell'adattamento cronico DAC

<sup>15</sup> Codice M e Agente causale - tra parentesi

2004	M/45	Impiegato/ONLUS assistenza spastici	Mobbing strategico	DAC in situazione lavorativa anamnesticamente avversativa - In corso di espletare collegiale dopo parere positivo SMG	Nosologia in entrata Affezioni psicosomatiche (problemi nelle relazioni con i superiori)
2004	M/54	Dirigente medico/Ospedale	Organizzazione lavoro carente	DAC in situazione occupazionale anamnesticamente avversativa - 4% in collegiale, non accettato	DPTS (da problemi nelle relazioni con i superiori)
2005	M/57	Geometra/Raffineria	Fattori personali familiari e conflittualità interpersonali	Sindrome ansioso depressiva con note fobiche e somatizzazioni - 15% da Sentenza Corte A.	Prima chiusura: assenza di patologia. In corso di riesame con collegiale
2007	F/38	Responsabile/Az. commerciale	Demansionamento	DAC con ansia e umore depresso - 8%	DPTS (Altro)
2007	M/56	Impiegato tecnico amministrativo con mansioni di rilievo Call Center/ Az. telef.	Organizzazione lavoro (obiettivi contraddittori, turni ecc.)	Stato ansioso depressivo con somatizzazione. Crisi ipertensive (conseguenze secondarie) - 6 %	DAC (lavoro con richieste e quantità irregolari)
2007	M/56	Capo stazione superiore/Ferrovie	Demansionamento, turnazione eccessiva	Disturbo post traumatico da stress cronico - 6% in collegiale, oppos. x grado	Altre forme psicotiche (Altro)

Riguardo alla *definizione delle chiusure negative* (Figura 3), si nota che le principali motivazioni sono l'assenza di nesso eziologico con il 28,2% e l'assenza o l'inidoneità del rischio che insieme costituiscono un altro 28,2%. Parecchie denunce sono state chiuse per istruttoria incompleta.

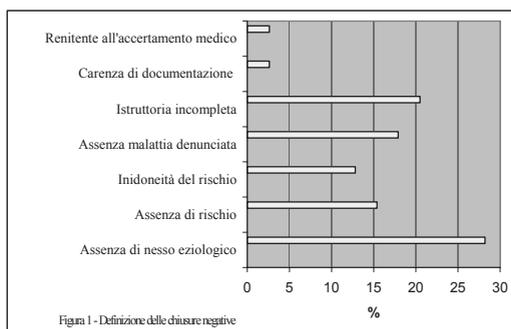


Figura 3 - Definizione delle chiusure negative

Risulta cospicuo il *numero di opposizioni amministrative* alle definizioni negative dei casi o avverso il grado di danno, risolte con o senza collegiale (36%), mentre è più contenuto il *contenzioso giudiziario* diretto (13%). E' da citare il caso di un geometra di raffineria (in Tabella 6), chiuso per assenza di patologia, negato in collegiale ed ora in corso di rivalutazione medico-legale, a seguito di causa vinta contro il datore di lavoro che ha riconosciuto la costrittività organizzativa.

## 8. CONSIDERAZIONI E CONCLUSIONI

*“Da tempo non capivo ciò che succedeva: i miei compiti si riducevano, come se parte del mio lavoro non fosse più necessaria, ma al contempo erano assunte nuove persone per fare quello che prima io facevo“. “Non sapevo più qual era il mio vero ruolo, ero disorientata, venivo rimproverata per un nonnulla, ma non avevo nessuna spiegazione sui cambiamenti in atto“. “Ad un certo punto ho sentito un forte senso di solitudine e di vuoto intorno a me ... stavo male, e così ho chiesto un mese di aspettativa per evitare di ammalarmi“. E' la voce di una lavoratrice, capo area*

risorse umane di un centro di formazione, che descrive la personale percezione di malessere da incongruenze organizzative agite con svuotamento di mansioni e marginalizzazione. E' un esempio di situazione stressante sul lavoro con conseguente sofferenza psichica, non dissimile ad alcuni casi denunciati all'Istituto. L'analisi fatta sul campione di 44 patologie e disturbi mostra un fenomeno che, pur trasversale per età degli individui, interessa anche lavoratori giovani (trentenni) e con un'ampia aspettativa di vita professionale. Gli eventi appartengono più strettamente a lavoratori con grado d'istruzione medio-alto (più colpiti i maschi): tale constatazione fa ipotizzare da un lato una maggiore vulnerabilità del lavoro di più alto livello in quanto sottoposto a variabilità e occasioni di conflitto; dall'altra fa anche pensare a carenza di consapevolezza sul significato dello stress da lavoro, dei fattori di rischio, ecc. del lavoratore comune e meno istruito. Da quanto detto, scaturisce sia l'importanza di valutare e prevenire lo stress lavoro-correlato, sia l'esigenza di una mirata formazione per fornire a tutti strumenti di conoscenza e comprensione.

Sul fronte delle malattie, è da sottolineare che il Disturbo post traumatico da stress cronico risulta diagnosticato e riconosciuto in maggior misura rispetto al Disturbo da stress cronico, diversamente dalle previsioni ex Circolare 71/2003. E' anche da notare il riscontro di altre affezioni psichiche o psicosomatiche ed il riconoscimento di uno di questi casi con danno biologico indennizzabile.

Ancora sul versante della tutela assicurativa, si segnalano due aspetti strettamente correlati. Il primo: appare abbastanza evidente una disomogeneità di trattazione delle denunce, che si manifesta soprattutto nella non semplice fase di raccolta e ricostruzione degli elementi di rischio. Il secondo: si assiste - ad oggi - ad un limitato riconoscimento ed indennizzo di eventi (9%).

Or bene, premesso che sono relativamente pochi i casi ricondotti a patologie non lavorative, la visione congiunta delle motivazioni dei mancati accoglimenti (per lo più assenza di nesso eziologico o di rischio, istruttoria incompleta), delle cause presunte (in testa le conflittualità) e del contenzioso amministrativo/giudiziario (comprese le prime sentenze civili che pervengono per rivalutazione dei casi) pone l'accento sull'esigenza di una maggiore attenzione nella ricostruzione degli elementi di rischio da stress, noto che la multifattorialità ha per altro un peso significativo.

Nonostante la critica del TAR Lazio sull'obbligatorietà delle indagini ispettive e sul loro contributo integrativo degli elementi probatori, tale strumento continua legittimamente ad impiegarsi conformemente al percorso d'accertamento delle malattie non tabellate. Dopo la sentenza del Consiglio di Stato (Cfr. § 5.1) non è al momento prevedibile quale sarà l'evoluzione della tutela delle malattie/disturbi correlati a stress da disfunzioni organizzative, ambientali, ecc. In attesa di istruzioni, si ritiene che per l'accertamento del rischio le indagini ispettive siano imprescindibili e che vadano estese in modo sistematico a tutti i casi presuntivamente meritevoli di riconoscimento, purché: 1. esperite su input circostanziati e precisi; 2. finalizzate a verificare o al più ricomporre organicamente condizioni di rischio "organizzativo" o ambientale che siano oggettivamente riscontrabili e documentate, avulse da interpretazioni soggettive, quali orari di lavoro, turnazioni, incarichi e compiti, ordini di servizio, tipo di attività, strutturazione fisica dell'ambiente e delle postazioni di lavoro, individuazione di interlocutori, ecc. escludendo quei fattori che attengono particolarmente alla sfera relazionale. In questo ambito sarebbe auspicabile una diversa qualificazione professionale in chi esegue l'indagine o il supporto di una figura specializzata (psicologo/medico del lavoro). Supporto specialistico anche là dove i disagi siano correlati ai contenuti del lavoro in rapporto alle capacità dei lavoratori e nel caso di fattori di rischio ambientali correlati a rumore, fumo, microclima ecc. , disagi da uso di DPI, problemi di sicurezza.

La conflittualità interpersonale con superiori o tra colleghi è da guardare non sempre come fattore primario di rischio, ma come concausa o causa successiva<sup>16</sup>. La non facilità di adattamento ai cambiamenti organizzativi aziendali che modificano fortemente tipo di attività e ritmi lavorativi (talvolta con sequenziali demansionamenti) possono innescare incomprensioni interpersonali, ostilità, "scontri" verbali tra lavoratori che, protratti nel tempo, risultano, oltre un "limite di accettabilità" dei soggetti più sensibili, idonei a determinare disturbi psichici.

<sup>16</sup> Da notare che la Circolare 71/2003 escludeva dal rischio tutelato le "situazioni indotte dalle dinamiche psicologico-relazionali comuni sia agli ambienti di lavoro che di vita" tra cui le conflittualità interpersonali e le difficoltà relazionali

Le trasformazioni societarie e organizzative delle grandi aziende, dettate da normali o contingenti dinamiche produttive (crisi economica, cessione di servizi poco redditizi, delocalizzazione produttiva ecc.), unitamente al progredire di forme di automazione, informatizzazione e gestione del lavoro in remoto, comportano inevitabilmente modifiche di funzioni, passaggi di profilo professionale, spostamenti sul territorio, incertezze occupazionali ecc. che qualora non siano gestite con idonei percorsi di accompagnamento alla riconversione di ruoli e mansioni, di condivisione di scelte e di ri-motivazione del capitale umano, rischiano di essere vissute dai lavoratori con grande difficoltà e disagio diventando fonte di stress e “malessere” lavorativo. Sorge qui naturale il richiamo dell’Accordo europeo sullo stress sul lavoro che prevede nei contenuti della formazione il tema “affrontare lo stress e/o adattarsi al cambiamento”. Il principio è di insegnare e di imparare ad adattarsi ai cambiamenti e a superare le pressioni che essi esercitano.

L’adozione di adeguate misure di prevenzione dovrebbe essere garantita già da oggi attraverso le previsioni di valutazione dei rischi del D. Leg.vo 81/2008. Medici competenti ed altri attori della sicurezza aziendale collaborano con i datori di lavoro per individuare i fattori di stress e scegliere i criteri di valutazione. Quale che sia l’approccio o gli strumenti impiegati (colloqui, ascolto, questionari), riconoscere e prevenire cause di stress costituisce un processo delicato e da non banalizzare, per il quale va considerata la necessità di consulenze specialistiche appropriate. Analisti di organizzazione e progettisti di sistemi di lavoro, esperti in ergonomia, altre figure possono indicare soluzioni per risolvere e prevenire disfunzioni organizzative o disequilibri nei carichi di lavoro anche occulti; analogamente, psicologi del lavoro, esperti in comunicazione, ecc. possono contribuire a comprendere situazioni di stress connesse al sistema delle relazioni interne ed ai normali bisogni delle persone quali soddisfazione professionale, aspettative di carriera, formazione, clima sociale fluido e sereno, ambiente salubre. Bisogna anche pensare a iniziative “fresche” e creative per combattere un nemico subdolo, come ad esempio corsi di formazione che includono lezioni di scherma, utili per un sereno confronto con altri, incontri di salutogenesi, momenti socio-ricreativi.

Lo psicologo R. Karasek ha individuato nelle seguenti variabili dell’organizzazione del lavoro gli aspetti su cui agire per ridurre lo stress e le patologie correlate e per aumentare la soddisfazione ed il benessere dei lavoratori:

- *carico di lavoro*, cioè la quantità e la qualità della domanda di operazioni da svolgere e la pressione dei compiti
- *autonomia decisionale*, ossia i comportamenti da intraprendere per svolgere il proprio lavoro, e la varietà dello stesso, ovvero la possibilità di poter scegliere nel proprio lavoro tra un certo numero di abilità o conoscenze acquisite
- *sostegno morale*, cioè la qualità dell’ambiente umano e relazionale nel contesto lavorativo e soprattutto la possibilità di ricorrere ad altri per aiuto/cooperazione nella soluzione dei problemi.

Nella valutazione del “*carico di lavoro*”, la norma ISO 17005 può essere di valido aiuto per progettare l’attività di lavoro più “a misura delle capacità delle persone” ponendo attenzione al carico mentale dei lavoratori ed ai suoi effetti. Sovraccarico o sottocarico lavorativo possono determinare stress mentale, ossia “l’insieme di tutte le influenze esterne esercitate su una persona, al punto da condizionarla mentalmente”. La norma offre una guida per progettare sistemi di lavori che ottimizzano il carico di lavoro mentale tenendo conto dei compiti, degli strumenti di lavoro, della qualità dell’ambiente fisico e organizzativo, e della “capacità” di chi deve svolgere l’attività, che non è solo conoscenza e competenza ma dipende anche dai naturali e soggettivi limiti psico-fisici.

Al “*sostegno morale*” può contribuire l’adozione e la diffusione di codici di condotta interni che guardano con attenzione ai problemi di relazione e alla comunicazione negli ambienti lavorativi e a garantire comportamenti improntati al rispetto altrui. Alcune organizzazioni hanno adottato codici di condotta per la lotta contro le violenze morali e la persecuzione psicologica a tutela della dignità degli uomini e delle donne nell’ambiente di lavoro (mobbing). L’INAIL, ad esempio, ha approvato e

diffuso il codice nel 2008<sup>17</sup>. L'assenza di benessere in ambiente di lavoro può derivare anche da comportamenti scorretti ed offensivi della dignità personale, basati su discriminazioni sessuali. Per prevenire situazioni di disagio e malessere, da qualche anno si diffondono codici di condotta contro le molestie sessuali<sup>18</sup>. Per i problemi di "salute" da stalking occupazionale, si dispone oggi di una nuova normativa che vuole essere deterrente del fenomeno stalking<sup>19</sup> in genere, e sostegno per le vittime dando una prima assistenza psicologica e giuridica.

La complessità e la delicatezza della valutazione e della gestione dei rischi psico-sociali e dello stress lavoro-correlato emergono con forza nei passaggi giù riportati, con cui si conclude l'articolo.

Affrontare problemi di salute è complicato poiché si tratta di capire tutti gli elementi che costituiscono i pazienti: le loro preoccupazioni fisiche, emozionali e sociali, il passato ed il loro futuro, la realtà del mondo in cui vivono. Il rischio è non considerare aspetti importanti che pur non essendo malattia possono diventarlo. [OMS, Rapporto sulla salute nel mondo 2008]

La salute dei lavoratori non dipende solo dai rischi tradizionali o nuovi emergenti, ma anche da aspetti di vita quali ineguaglianza sociale, occupazione, reddito, genere, razza, comportamenti legati alla salute, accesso ai servizi per la salute. [OMS, Dichiarazione sulla salute dei lavoratori 2006]

**La salute è creata e vissuta dalle persone** all'interno degli ambienti organizzativi della vita quotidiana: dove si studia, si lavora, si gioca, si ama ... [Conferenza internazionale sulla promozione della salute Ottawa, Ontario Canada 17-21 novembre 1986].

## BIBLIOGRAFIA

**Accordo europeo sullo stress sul lavoro dell'8 ottobre 2004** - ARAN Newsletter 2004 n. 5 sett./ott.

**Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81:** Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. G. U. n. 101 del 30 aprile 2008 - Supplemento Ordinario n. 108.

**Decreto Ministeriale del 12 luglio 2000:** Approvazione di "Tabella delle menomazioni", "Tabella indennizzo danno biologico", "Tabella dei coefficienti", relative al danno biologico ai fini della tutela dell'assicurazione contro gli infortuni e le malattie professionali. G.U. n. 172 del 25 luglio 2000.

**Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008:** Elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia ai sensi e per gli effetti dell'art. 139 del testo unico approvato con Decreto del Presidente della Repubblica 30 giugno 1965 n. 1124, e successive modificazione e integrazioni. G.U. n. 70 del 22 marzo 2008 SO n. 68.

**Delibera del Consiglio di Amministrazione INAIL n. 473 del 26 luglio 2001:** "Definizione di percorsi metodologici per la diagnosi eziologica delle patologie psichiche e psicosomatiche da stress e disagio lavorativo."

**H. Selye:** A Syndrome Produced by Diverse Nocuous Agents, Nature, 138, 32; 1936.

<sup>17</sup> Circolare n. 42 dell' 11 luglio 2008

<sup>18</sup> L'INAIL ha approvato e diffuso il codice con Circolare n. 8 del 9 febbraio 2005, istituendo la figura territoriale del Consigliere di fiducia che ha compiti di supporto, consulenza ed assistenza ai dipendenti al fine di favorire la rimozione delle situazioni di disagio segnalate, ristabilendo così serenità ambientale.

<sup>19</sup> E' sanzionato chi molesta o minaccia taluno con atti reiterati e idonei a cagionare un perdurante e grave stato di ansia o di paura ovvero a ingenerare un fondato timore per l' incolumità propria o di un prossimo congiunto o di persona al medesimo legata da relazione affettiva ovvero a costringere lo stesso ad alterare le proprie scelte o abitudini di vita

**H. Selye:** The evolution of the stress concept. Stress and cardiovascular disease, Am. J. Cardiol, 1970, vol.26, pagg. 289-248.

**INAIL D.G. - D.C. Prestazioni e Sovrintendenza Medica Generale:** Circolare n. 71 del 17 dicembre 2003.

**INAIL D. G. - D. C. Prestazioni:** Relazione per il CdA del 17 luglio 2001 sulle “Malattie psichiche e psicosomatiche da stress e disagio lavorativi, compreso il “mobbing”.

**Lettera del 12 settembre 2001 della Direzione Centrale Prestazioni e della Sovrintendenza Medica Generale INAIL:** “Malattie psichiche e psicosomatiche da stress e disagio lavorativo, compreso il mobbing. Prime indicazioni operative”.

**Patologia psichica da stress mobbing e costrittività organizzativa - La tutela dell'INAIL,** INAIL aprile 2005.

**P. Cenni:** Il carico di lavoro mentale: come definirlo, gestirlo e valutarlo. [http://www.uni.com/uni/controller/it/comunicare/come\\_comunica/uec/uec\\_1\\_2006/lavoromentale\\_gen2006.htm](http://www.uni.com/uni/controller/it/comunicare/come_comunica/uec/uec_1_2006/lavoromentale_gen2006.htm).

**R. Karasek et al.:** Health work, stress, productivity and reconstruction of working life, 1990, Basic Books, New York.

**R. Karasek et al.:** The Job Content Questionnaire (JCQ): an instrument for internationally comparative assessment of psychological job characteristics, Journal of Occupational Health Psychology, ottobre 1998, vol. n.3 (4), pagg. 322-355.

**Sentenza del Consiglio di Stato n. 1576 del 26 marzo 2009.**

**Sentenza del TAR Lazio n. 5454 del 4 luglio 2005:** Sentenza sui Ricorsi riuniti n. 2532/2004 e n. 9497/2004

# **IL FATTORE UMANO: TECNICHE DI ANALISI, SOLUZIONI, PROSPETTIVE**

P. CLERICI<sup>1</sup>, A. GUERCIO<sup>2</sup>, N. TODARO<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>INAIL – Direzione Regionale Liguria - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

Il progresso tecnologico ha spostato l'intervento umano da un diretto impegno manuale al controllo dei processi automatici della macchina.

L'affidabilità delle macchine si è proporzionalmente innalzata così come i sistemi di protezione.

L'importanza dello studio del fattore umano scaturisce dalla necessità di portare allo stesso livello di affidabilità l'operatore che deve condurre, sorvegliare e prendere decisioni relativamente alla macchina in una complessità dei sistemi produttivi e del numero dei singoli elementi che li compongono. Ampliando tale concetto, un'interazione tra lavoratore e fonte di pericolo (macchina, impianto, attrezzatura, ambiente di lavoro) non corretta a causa di errori dovuti a lacune cognitive e/o mancata percezione della situazione di pericolo, decisioni sbagliate e incomprensioni, decisioni corrette ma fallite, può causare un rischio per la salute e per la sicurezza dello stesso.

Scopo di questo lavoro è la descrizione delle principali tecniche di analisi del comportamento umano, delle soluzioni applicabili e delle prospettive di crescita in questo peculiare campo, fino ad oggi proprio delle discipline afferenti alla psicologia ma che necessita dell'apporto di competenze tecniche, sulla base delle prime esperienze in differenti aziende.

## **SUMMARY**

Technology allowed the transferring of human labour from a direct commitment to hand-work towards controlling the automatism of machine. Machines' reliability has proportionally risen, and so have safety devices.

The importance of the Human Factor comes out from the need to make human reliability as high as that of machine.

More generally speaking, an improper interaction between the worker and a source of danger (machine, tools, work environment,..), related to mistakes due to lack of knowledge, wrong danger perception, wrong decisions, etc, can lead to a risk for the health and safety of the worker himself.

The purpose of this job is to describe the main analysis techniques of the human behaviour, the solutions and the perspectives of this field of analysis, until now strictly related to psychology but now demanding also specific technical skills, based on the first experiences performed in many different establishments.

## **1. PREMESSA**

Un processo produttivo è un sistema dalle cui componenti scaturiscono interazioni. In fase progettuale di un ciclo produttivo o di un impianto di processo o di un servizio, tali componenti sono individuate per la quantificazione di dimensioni, caratteristiche strutturali (meccaniche, impiantistiche, di resistenza, etc), posizionamento di macchine, impianti, attrezzature e luoghi di lavoro, in funzione della produzione/servizio da realizzare, delle risorse economiche, organizzative e di personale presenti, e della sicurezza ambientale e dei lavoratori.

Il processo di prevenzione dei danni ai lavoratori consiste nell'eliminazione/riduzione dei rischi insiti nell'attività; essi, però, non vanno considerati isolatamente dal sistema, costituito dalle diverse componenti, ma dovrebbero essere analizzati nelle condizioni che potrebbero innescare il processo infortunistico all'interno del sistema stesso, arrivando ad una corretta interazione fra tutte le componenti aziendali. La prevenzione degli infortuni sul lavoro e delle malattie professionali è

possibile se esiste un adattamento e un equilibrio reciproci tra le componenti fondamentali di un sistema complesso costituito dall'uomo, dalla macchina e dall'ambiente.

L'inefficacia delle misure di prevenzione è spesso dovuta alla mancanza di attribuzione della qualifica di "componente del sistema" all'uomo ed all'organizzazione. La combinazione dell'ambiente di lavoro con l'uomo-lavoratore, inserito in una prefissata struttura organizzativa, determina una serie di variabili che influenzano l'affidabilità del sistema nel suo complesso.

La casistica relativa agli infortuni sul lavoro attribuisce al fattore umano una responsabilità predominante nella maggior parte degli infortuni, degli incidenti o dei quasi-incidenti, come dimostrano le statistiche relative ad aziende nel settore aeronautico o a quelle a rischio di incidente rilevante da cui emerge come le modalità di lavoro, più che le attrezzature ed i mezzi in sé, siano alla base di un rilevante numero di incidenti. Per piccole e medie imprese o per imprese di dimensioni maggiori ma con un ciclo produttivo non ritenuto complesso le statistiche forniscono solo la descrizione degli eventi (natura, sede e tipo degli infortuni), sottostimando i fattori umano e socio-organizzativo.

Scopo di questo lavoro, oltre a sottolineare l'importanza di un approccio non meccanicistico alla sicurezza sul lavoro ma sistemico per ciò che riguarda lo studio degli errori umani, è quello di indicare alcune tra le principali tecniche di modifica del comportamento e le possibilità di applicazione a sistemi "non complessi".

## **2. AFFIDABILITÀ DEI SISTEMI, VALUTAZIONE E PERCEZIONE DEL RISCHIO**

Uno squilibrio tra le componenti del sistema, ivi comprese perciò l'"uomo" e l'"organizzazione", provoca un abbassamento dell'affidabilità dell'intero sistema, seppure le componenti tipicamente tecnologiche, prese singolarmente, mantengano un'elevata affidabilità.

Il controllo di tale sistema non è di facile applicazione.

Il progresso tecnologico ha condotto a progettare e costruire macchine in grado di soddisfare i requisiti di sicurezza e prevenzione, quali esigenze dell'utilizzatore, spostando l'intervento umano da un diretto impegno manuale al semplice controllo dei processi automatici della macchina. Il compito reale degli operatori è la regolazione del funzionamento dei dispositivi di automazione.

La tendenza, evidenziata anche nel D.Lgs. 81/08, è di una maggiore attenzione all'uomo ed ai fattori organizzativi, ossia ad interventi, sulla base di un progresso tecnologico che conduce alla realizzazione di "macchine perfette", che tendano a neutralizzare o a ridurre al minimo il verificarsi di comportamenti caratterizzati da inosservanza di norme regolamentari, o a comportamenti negligenti da parte di operatori incompetenti, o non informati, o distratti o comunque poco sensibili alla responsabilità di favorire con un errore umano l'insorgenza di eventi accidentali compromettendo la propria incolumità e/o quella di altri.

Accanto ai fattori oggettivi di rischio, definiti anche tecnici, quali insufficienze, inadeguatezze, difetti strutturali o progettuali, anomalie di funzionamento, guasti, usura, ecc. di macchine, impianti e strumenti di lavoro, di materiali, di parti di impianto, di protezioni relative a macchine e impianti, di mezzi di protezione individuali e collettivi, ecc. o ai fattori oggettivi di tipo ambientale (climatici e di microclima) e/o condizioni di lavoro disagiato in ambienti angusti o inadeguati o inquinati o comunque esposti alla eventuale presenza di sostanze contaminanti, riconducibili comunque a carenze organizzative, occorre tenere in debito conto i fattori soggettivi dipendenti dal fattore umano, la cui rischiosità può essere predetta perché presente in "liste" di comportamenti negativi abitualmente riscontrati nei posti di lavoro con valenza negativa ai fini della sicurezza.

L'analisi del fattore umano non può però limitarsi ad una descrizione qualitativa. La quantificazione della probabilità di errore umano è stata affrontata, come detto, in sistemi a tecnologia complessa e fortemente interconnessi in cui risulta altamente probabile che un errore si possa propagare a velocità imprevedibilmente elevate. In tali casi, il problema è stato affrontato con un approccio sistemico, basato su una visione di insieme delle interazioni tra uomo e macchina/impianto/ambiente di lavoro, fin dalla progettazione, sia a livello tecnologico, sia a livello organizzativo (Valutazione Integrata della Sicurezza: Integrated Safety Assessment) che permetta di

superare le difficoltà di ingegnerizzazione e gestione del fattore umano, ossia considerando l'“uomo” e l'“organizzazione” quali componenti del sistema e la loro “affidabilità”, definibile come la probabilità di riuscire a compiere senza errori una determinata azione, una grandezza da stimare, affinché l'errore umano possa essere identificato, predetto, ridotto.

Il processo di analisi dell'affidabilità umana segue una logica normale di valutazione dei rischi. Di fondamentale importanza la “task analysis”, fase attraverso la quale possono essere descritte, analizzate e rappresentate le possibili interazioni tra uomo e macchina/impianto/ambiente di lavoro. Risulta evidente l'impossibilità di applicare analisi accurate e specialistiche a PMI; in tali casi, possono essere utilizzate tecniche di modifica del comportamento, a fronte di una valutazione qualitativa degli errori effettuati dai lavoratori ad ogni livello di responsabilità, avendo sempre in mente l'obiettivo di massimizzare l'affidabilità umana e minimizzare la presenza di errori in una qualsiasi attività umana.

Indipendentemente dalle dimensioni aziendali, bisogna considerare, in un processo di valutazione dei rischi, che l'errore umano avviene spesso a causa di una mancata percezione degli stessi rischi a livello individuale e/o dell'organizzazione. La percezione del rischio è un fenomeno cognitivo complesso, significativamente influenzato da fattori sociali, variabili condizionate e mediate dall'efficacia sia formale che effettiva dei processi di comunicazione, selettivo ed inconscio durante il quale il soggetto può privilegiare l'una o l'altra informazione in funzione delle proprie attitudini o credenze individuali o dell'appartenenza o meno delle informazioni alla sfera cognitiva e di esperienza del soggetto, talchè può accadere che, se l'informazione non è “attesa” – ossia non conferma il pensiero già strutturato e codificato del soggetto – essa non viene riconosciuta.

L'accettabilità di un rischio non dipende dunque solo da vincoli di legge, regolamenti o norme tecniche ma anche da fattori non razionali connessi con la percezione dello stesso, la cultura, l'emotività, l'atteggiamento psicologico, le convinzioni politiche o l'esperienza del singolo e/o della collettività a cui appartiene. Essa dipende da considerazioni soggettive ed oggettive legate alla natura volontaria o involontaria del rischio, alla familiarità con la situazione, al numero di persone coinvolte in un eventuale evento dannoso, al tipo di evento, al valore che il singolo o la collettività attribuisce alla vita e all'immediatezza ed alla gravità delle conseguenze: maggiormente vicine all'evento e più gravi sono le conseguenze, maggiore è la percezione del rischio.

La sicurezza e salute sul lavoro non consistono dunque esclusivamente nella gestione dei rischi considerati isolatamente dal sistema; esse devono fondarsi sull'analisi e sulla risoluzione delle “condizioni” tecniche, organizzative, sociali, culturali ed umane che potrebbero innescare il processo infortunistico all'interno del sistema stesso, arrivando ad una corretta interazione fra tutte le componenti aziendali.

### **3. IL PROBLEMA DELL'ERRORE UMANO**

Nel campo della prevenzione del rischio sul lavoro rivestono, attualmente, sempre maggiore importanza gli studi sull'origine dell'errore umano. In precedenza tali studi sono stati applicati soprattutto in campo sanitario, per analizzare gli “eventi avversi” (i danni causati al paziente dalla gestione sanitaria e non dalla malattia), o in campo aeronautico, dove l'estrema precisione delle procedure di sicurezza può essere vanificata da errori degli operatori. Col tempo le metodiche di analisi dell'errore umano sono state applicate a molti altri settori lavorativi, ottenendo in campi anche molto diversi tra loro dei risultati coerenti, che confermano gli studi secondo i quali l'errore umano costituisce attualmente un fattore determinante per la maggior parte degli incidenti sul lavoro. Lo studio dell'errore umano sta avendo un'applicazione sempre più ampia nel campo della prevenzione degli infortuni sul lavoro, associato alle tematiche del carico di lavoro mentale e dell'organizzazione del lavoro.

In ambito psicologico ci sono vari metodi per caratterizzare l'errore umano: alcuni metodi distinguono l'errore a seconda che si origini all'interno o all'esterno dell'individuo (ad es. dovuto a processi di distrazione o a eventi che influenzano la persona), altri analizzano le problematiche relative alla percezione del problema ovvero alla sua possibile gestione. Considerando l'interazione

tra pianificazione ed esecuzione, gli errori umani possono essere classificati secondo il punto di vista dei processi mentali, come *skill based*, *rule based* e *knowledge based* (Reason, 1990). Gli errori di tipo *skill based* sono quelli dovuti a disattenzione, che si presentano soprattutto nel caso di operatori che abbiamo una buona esperienza nello specifico campo di lavoro, e che quindi nello svolgerlo ricadono in modalità di abitudine, diminuendo l'impegno mentale. Gli errori di tipo *rule based* (dovuti alle regole) sono invece riferibili ad applicazione di procedure corrette nel momento sbagliato, o a scelta di procedure non adeguate alla situazione. Gli errori di tipo *knowledge based* sono dovuti a incompleta conoscenza della situazione, e quindi alla difficoltà di trovare le soluzioni ottimali. Gli errori dovuti a disattenzione (*slips*) o di conoscenza (*lapses*) sono errori che scaturiscono da azioni involontarie, mentre gli errori basati sulle regole (*mistakes*) scaturiscono da una cosciente applicazione di una regola, che risulta non corretta per la situazione specifica. Tra gli errori umani non vanno poi dimenticate le "violazioni", azioni intenzionali in violazione delle procedure, che possono avvenire eccezionalmente o costituire una routine. Queste azioni possono anche essere realizzate con lo scopo specifico di causare un danno, ma in molti casi sono scelte in buona fede per "migliorare" o "velocizzare" le procedure esistenti.

Secondo altri metodi gli errori possono inoltre essere classificati come di tipo attivo, risultanti da azioni degli operatori, più facili da riconoscere ed analizzare, oppure dovuti a fattori passivi, dovuti a inazione o a cause non immediatamente presenti sul luogo dell'errore, che richiedono un'analisi molto più laboriosa per rintracciarne l'origine.

Nel campo della sicurezza sul lavoro viene spesso invocato l'errore umano come generica chiave di interpretazione di molti incidenti, ma dagli studi sull'errore umano e sulle condizioni in cui si verifica si è visto come questo, nella maggior parte dei casi, sia in realtà un "errore organizzativo", dove la componente umana agisce in seguito a una non adeguata progettazione della sua attività.

In questo ambito viene anche studiato il fattore organizzativo nell'induzione di situazioni di stress, che può essere all'origine di una non irrilevante percentuale di eventi classificati come dovuti ad "errore umano". Le costrizioni organizzative giocano un ruolo importante nell'induzione degli errori, in quanto sono in grado di ridurre la soglia di attenzione necessaria per svolgere le operazioni in sicurezza.

Per valutare le condizioni in cui si può verificare l'errore, il metodo più accreditato è noto come SHEL (Edwards 1972), che classifica le componenti di un sistema di lavoro e analizza le interazioni tra esse, identificando quattro elementi fondamentali: il *Software*, che riguarda le regole e procedure di lavoro, formali e informali, l'*Hardware*, che comprende macchine e impianti, attrezzature e strutture, l'ambiente di lavoro (*Environment*), sia come ambiente fisico che sociale, e le persone (*Liveware*), con le loro specifiche funzioni e responsabilità. Il comportamento umano non può essere considerato isolatamente rispetto alle altre parti del sistema, ed è dall'interazione di questi elementi che possono scaturire le diverse situazioni di possibile rischio.

Il sistema di analisi e valutazione dei fattori umani (*Human Factors Analysis and Classification System*: HFACS) si basa sul modello di Reason per l'errore umano in sistemi complessi. Il modello di Reason, detto modello *Swiss Cheese*, presuppone che ogni errore/incidente sia dovuto a una serie di concause, che sono riuscite a superare i sistemi di sicurezza messi in atto dall'individuo e dall'organizzazione. Secondo questo modello esistono più livelli a cui si possono verificare degli errori, o a cui si possono porre delle salvaguardie contro gli errori. L'azione finale, il comportamento insicuro dell'attore ultimo, può trasformarsi in un effettivo incidente solo se a monte si sono verificati altri errori, che sono rimasti latenti, e che hanno reso inefficaci o inesistenti le azioni di salvaguardia. In questo modo, le azioni insicure che portano all'incidente, sono precedute da specifiche precondizioni, a livello superiore da sistemi o procedure di controllo non adeguati, e al vertice da decisioni inadeguate della dirigenza, che influenzano direttamente o indirettamente tutti i livelli sottostanti. L'incidente avviene solo se tutta una serie di precondizioni si verificano, mentre molto più spesso si verificano errori che però vengono corretti dagli altri livelli di salvaguardia, rimanendo spesso non individuati, o in alcuni casi portando ai cosiddetti "quasi incidenti", che possono essere rilevati e costituire una spia di allarme per una condizione di rischio.

Il modello di errore a seguito di concause non può però né deve costituire una giustificazione per l'errore finale, il cui effetto molto spesso è dominante mentre il collegamento con i livelli di controllo più lontani può essere molto labile.

Esistono vari modi per affrontare il rischio da errore umano, agendo a diversi livelli lungo la cascata degli eventi che possono portare all'errore. Partendo dal presupposto che condizioni organizzative che causano stress, affaticamento mentale o sottocarico mentale sono spesso propedeutiche al verificarsi di errori, l'accurata valutazione di queste condizioni nell'ambito dell'organizzazione del lavoro può aiutare a ridurre il rischio.

I modi di intervento possono essere definiti sulla base delle tipologie di errori possibili. Si può intervenire sugli errori dovuti a conoscenze tramite una formazione adeguata, e verificando che le informazioni e l'addestramento forniti entrino a far parte del patrimonio culturale degli operatori: in questo modo essi saranno in grado di riconoscere le situazioni di rischio e le azioni da compiere per evitarlo. Nel caso di errori dovuti a distrazioni l'addestramento deve essere mirato a rendere gli operatori coscienti delle loro azioni, svolte spesso per abitudine, ma possono anche essere effettuati interventi che individuino le cause della mancata attenzione per correggerle (lavoro monotono, lavoro con scarsa necessità di attenzione) mentre nel caso di errori basati sulle regole, una costante supervisione di queste, l'aggiornamento e la diffusione delle informazioni sono metodi per evitare l'applicazione di procedure inadeguate o obsolete. Infine, nel caso di violazioni coscienti delle regole o procedure, l'analisi deve valutare le motivazioni alla base dell'errore, definendo se si tratta di una procedura comunque sicura, e che quindi può essere adottata in sicurezza riformulando le procedure previste, oppure se si tratta di una procedura insicura che non deve essere applicata, e in questo caso la valutazione dell'errore e delle sue motivazioni deve permettere di intraprendere azioni che evitino il ripetersi dell'errore (adeguata formazione alla sicurezza, ma anche interventi strutturali o organizzativi). In ogni caso, a tutte queste tipologie di interventi sono applicabili le tecniche mirate ad indurre comportamenti di sicurezza, allo scopo di far sì che i comportamenti in grado di limitare gli errori vengano acquisiti stabilmente.

#### **4. LA SICUREZZA BASATA SUI COMPORAMENTI PER LA PREVENZIONE**

Appare chiaro che l'efficacia dell'azione preventiva è strettamente correlata ad una valutazione oggettiva del comportamento, inteso come evento osservabile, misurabile, conteggiabile, riproducibile.

Si pone dunque il problema di prevedere, controllare e modificare il comportamento dei lavoratori. Tale questione è stata affrontata da tempo dai grandi gruppi industriali, in particolare negli Stati Uniti, ove già a partire dai primi anni '70 è scaturita l'esigenza di disporre di un metodo scientifico orientato al controllo dei comportamenti, da inserire tra i metodi di prevenzione, quale mezzo volto all'obiettivo finale, ovvero la diminuzione di incidenti ed infortuni sul lavoro, o quantomeno – più realisticamente - la loro gravità.

La Sicurezza basata sui comportamenti (o *Behavior Based Safety* – BBS) è un protocollo scientifico basato sulle leggi del comportamento umano che fornisce tecniche e strumenti operativi per l'applicazione pratica in qualsiasi ambito lavorativo. I risultati ottenuti a partire dagli anni '80 con l'adozione di metodi basati sull'analisi dei comportamenti di sicurezza sono ben documentati e mostrano significativi tassi di diminuzione della frequenza di incidenti e conseguentemente dei dati infortunistici.

Le origini storiche di tali metodi vanno cercate soprattutto negli studi ed esperimenti condotti dal fisiologo russo Ivan Pavlov (1849-1936), che sviluppò il noto paradigma del 'condizionamento rispondente'. Fu però B. F. Skinner (1904-1990) che, con i testi "The Behaviour of Organisms" del 1938 e "Science and Human Behaviour" del 1953, pose le basi per la scoperta delle leggi e dei più importanti paradigmi del comportamento umano, dando origine alla psicologia comportamentale moderna.

Skinner sviluppò, infatti, il paradigma del 'condizionamento operante', secondo il quale i comportamenti umani sono prevedibili e controllabili attraverso una opportuna gestione di due

classi di stimoli dell'ambiente fisico: gli stimoli "antecedenti" che il soggetto riceve prima di attuare un comportamento e gli stimoli "conseguenti" che vengono erogati immediatamente dopo che il comportamento è stato attuato. Il lavoro di Skinner è stato sviluppato enormemente, trovando concreta applicazione in numerosi campi ove la modificazione dei comportamenti e la conseguente ricaduta in ambito organizzativo è risultata fondamentale (si pensi ad esempio all'importanza di tali fattori nella Gestione della Qualità).

La Sicurezza basata sui comportamenti parte dunque dall'assunto che tutti i comportamenti sul lavoro (per esempio: indossare la cintura di sicurezza alla guida di un carrello elevatore, seguire correttamente una procedura, esprimere opinioni positive riguardo alla sicurezza sul lavoro, ecc.) sono evocati da stimoli fisici antecedenti (come ad esempio ordini di servizio, cartellonistica, suggerimenti, ecc.) ma vengono modificati da stimoli immediatamente conseguenti alla messa in atto di quel comportamento (ad esempio: approvazione da parte del collega più anziano, irrisione da parte dei compagni di lavoro, caffè offerto dal capoturno, ecc.)

Secondo la BBS occorre dunque avere il CONTROLLO degli stimoli ANTECEDENTI ma anche degli stimoli CONSEQUENTI, secondo il paradigma del condizionamento operante di Skinner:



L'aspetto più innovativo risiede proprio nel presupposto che il comportamento sia drasticamente modificato dalle conseguenze che ad esso si danno, posto che esse lo seguano in un intervallo temporale brevissimo, ridimensionando l'importanza che invece comunemente viene data in maniera quasi esclusiva agli antecedenti che quel comportamento hanno evocato.

La numerosa letteratura sperimentale in materia ha infatti dimostrato che gli stimoli conseguenti modificano la durata, la latenza e l'intensità del comportamento.

L'apparente ovvietà (una volta assimilato) dell'assunto di partenza non deve tuttavia trarre in inganno: la scelta di antecedenti corretti ed ancor più di conseguenze idonee, adeguate al soggetto e soprattutto applicabili con tempi di risposta immediati è tutt'altro che semplice.

L'attivazione di un corretto e completo protocollo di BBS richiede un lungo ed accurato processo di pianificazione.

Le fasi principali di un *Behavioral Safety Process* possono essere così riassunte:

Pinpointing: individuazione dei comportamenti da cui dipendono i risultati di sicurezza.

Assessment iniziale: misurazione oggettiva del comportamento individuato, sia esso un comportamento che si intende aumentare oppure al contrario estinguere, preliminarmente all'applicazione del protocollo. La misura deve essere effettuata utilizzando parametri oggettivi dei comportamenti di sicurezza: frequenza, durata, intensità, latenza.

Analisi funzionale: individuazione delle cause, in termini di antecedenti e conseguenti, del comportamento correlati ad una situazione di rischio: se il comportamento crea un rischio a causa della sua messa in atto esso andrà diminuito, mentre se è legato ad una situazione di rischio in quanto trascurato si vorrà che esso aumenti in frequenza, durata, intensità e latenza.

Intervento di modificazione del comportamento: applicazione di nuovi antecedenti o di diverse conseguenze, con lo scopo di ottenere il cambiamento dei parametri osservati.

Secondo Assessment (monitoring): viene effettuato in corso d'opera, durante l'intervento di modificazione, osservando le variazioni dei comportamenti di sicurezza sotto l'influenza delle nuove contingenze.

Terzo Assessment (evaluation): al termine del periodo di applicazione dell'intervento si procede ad un confronto tra i dati rilevati prima e dopo l'intervento.

Il processo di applicazione della BBS non si considera mai veramente terminato, in quanto vanno tenuti attivi meccanismi di mantenimento dei comportamenti desiderati (schemi variabili di rinforzo, sistemi di *performance feedback*, ecc.).

È evidente che un approccio di questo tipo supera la visione classica della gestione della sicurezza basata sulla ‘sola’ analisi dei rischi e sulla somministrazione di formazione ed informazione svincolata da un’analisi mirata della situazione.

Va infine sottolineato come l’adozione di un metodo di implementazione della sicurezza sul lavoro basato sui comportamenti, oltre a rispondere – in termini di eccellenza – alle indicazioni contenute nel D.Lgs. 81/08, si integra perfettamente con sistemi di gestione della qualità e/o della sicurezza, in quanto anche questi si pongono l’obiettivo di incidere sull’organizzazione.

## 5. CONCLUSIONI

In conclusione, per quanto non si possa naturalmente prescindere dall’analisi dei rischi connessi all’utilizzo di attrezzature non adeguatamente protette o di attività svolte in aree non conformi e secondo un’organizzazione lacunosa con procedure di lavoro non idonee, le statistiche sulle modalità di accadimento degli incidenti sul lavoro dimostrano come il fattore umano, ad ogni livello di responsabilità e di potere decisionale, occupi una posizione di preminenza su tutti gli altri fattori: esso presenta, infatti, molte variabili ed ancora di più se ne possono prevedere per le varie combinazioni possibili.

Risulta quindi fondamentale non solo agire su macchine, impianti ed ambienti di lavoro, ma anche intervenire per diminuire il verificarsi di comportamenti caratterizzati da inosservanza di norme operative o regolamentari o comunque non conformi alle comuni pratiche di sicurezza, ed al tempo stesso incrementare comportamenti ‘positivi’ in relazione a tali ambiti.

## BIBLIOGRAFIA

**McSween T. E.:** Scienza & Sicurezza sul lavoro: costruire comportamenti per ottenere risultati – Ed. italiana a cura di Fabio Tosolin, Adriano Bacchetta, A.A.R.B.A. (2008)

**Geller E. S.:** The Psychology of Safety, Chilton Book Company (1996)

**Krause T. R. :** The Behavior-Based Safety Process: Managing Involvement for an Injury-Free Culture, John Wiley and Sons (1997)



# **METODI DI DATA MINING ASSOCIATI ALL'APPROCCIO FUZZY: METODOLOGIA INTEGRATA PER L'ANALISI DEGLI INFORTUNI SUL LAVORO**

R. LUZZI<sup>1</sup>, G. FOIS<sup>1</sup>, S. MURÈ<sup>3</sup>, F. PALAMARA<sup>2</sup>, N. PICCININI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAIL - Direzione Regionale Piemonte - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>SAFeR- Centro Studi su Sicurezza, Affidabilità e Rischi - Dip. Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica - Politecnico di Torino

<sup>3</sup>ARIA s.r.l. – Analisi dei Rischi Industriali e Ambientali - Torino

## **RIASSUNTO**

L'articolo presenta il risultato delle attività sviluppate presso il Politecnico di Torino nell'ambito del Dottorato in Sicurezza Industriale e Analisi dei Rischi. L'approccio descritto è utile per l'analisi di basi dati ampie come quella mantenuta dall'INAIL sugli infortuni occorsi nell'industria, che classifica e raccoglie per ogni caso di infortunio i fattori che hanno portato all'evento e le relative conseguenze. La prima parte del lavoro descrive lo sviluppo di una procedura di "data mining" che permette di individuare correlazioni significative tra i fattori caratterizzanti gli infortuni, proprio grazie all'elevato numero dei parametri e dei dati esistenti.

Queste tecniche permettono di raggruppare i dati (clustering), classificarli in termini di livello di rischio, e identificare in ogni raggruppamento una specifica sequenza di eventi caratterizzanti gli infortuni, che meritano un'attenzione prioritaria nella definizione degli interventi necessari per ridurre il rischio d'infortunio. Questi strumenti costituiscono il punto iniziale per un'analisi di maggiore dettaglio per una valutazione del rischio infortunistico caratteristico di ogni singola azienda. A questo scopo è stato sviluppato un metodo basato sulla Logica Fuzzy, costruito su quattro fattori: la frequenza di accadimento di un evento (F), il probabile danno da esso derivato (S), il fattore di contatto (E) e una valutazione dell'adeguatezza dei sistemi di protezione esistenti al momento dell'incidente (L).

## **SUMMARY**

The paper introduces the results of work developed by Turin Polytechnic in the within of the Doctorate in Industrial Safety and Risk analysis. The described approach is useful for the analyses of wide databases like that maintained from INAIL on accidents in the industry, being every case of accident classified and collected by factors that have carried at the event and the relative consequences. First part of the job describes the development of a data-mining procedure that allows to characterize meaningful correlations between the characterizing factors, thanks to elevated number of the parameters and the existing data.

These techniques allow to group data (clustering), to classify them in terms of level of risk, and to identify in every grouping a specific sequence of characterizing events the accidents, that they deserve a priority attention in the definition of the participations necessary in order to reduce the risk accident. These instruments constitute the start point for the analysys of greater detail of risk assessment for each company. For this purpose it has been developed a method based on Fuzzy Logic, constructed on four factors: the frequency of occurrence of an event (F), the probable damage from it derived (F), the factor of contact (F) and an appraisal of the adequacy of the existing systems of protection at the moment of the accident (L).

## **1. INTRODUZIONE**

Gli infortuni sul lavoro rappresentano complessivamente una grave perdita che la comunità subisce per la realtà del tessuto produttivo, che risulta presentare, nonostante le regole imposte dalla normativa in vigore siano abbastanza stringenti, lacune organizzative e tecnologiche, che possono

trovare origine da varie cause che spaziano, per citarne alcune, dalle carenze del rapporto contrattuale (precarietà, inidoneità alla mansione, eccessiva mobilità, ecc.), a carenze dei processi produttivi (per inadeguatezza delle soluzioni praticate sotto gli aspetti sia organizzativi che tecnologici), o finanche a carenze nella cultura della sicurezza (formazione parziale, mancata sensibilizzazione, scarso coinvolgimento negli obiettivi di benessere psicofisico). Ma dagli stessi infortuni si possono trarre delle informazioni che alimentano il bagaglio di conoscenze che sta a base dell'azione di prevenzione, trasformandole in insegnamenti che possono orientare la scelta delle misure preventive da adottare nei comparti produttivi. Con l'analisi delle statistiche degli infortuni, originate soprattutto dalla banca dati dell'INAIL, questa raccolta di informazioni per la prevenzione è forse sempre stata fatta, ma ora, con l'evoluzione dei sistemi informatici, ci si trova dinanzi all'opportunità di poter analizzare una enorme quantità di dati organizzati. Infatti, la banca dati dell'INAIL, con l'introduzione della codifica europea ESAW, contiene per ciascun infortunio registrato molte più informazioni: vi si trovano molti elementi utili a descrivere la dinamica dell'infortunio. Ciò ha permesso di arrivare ai flussi informativi a livello regionale: i dati scambiati tra i vari enti che gestiscono gli infortuni vengono così ulteriormente arricchiti. A fronte di questa enorme mole di dati, nasce quindi l'esigenza di affinare le metodiche di analisi e di elaborazione dei risultati utili a definire le misure preventive per i comparti produttivi. Da alcune pregresse esperienze si è riscontrata una difficoltosa lettura dei risultati anche considerando ambiti di settori produttivi abbastanza ristretti, in cui si è svolta la raccolta dei dati ESAW.

Da quanto sopra espresso, sono risultate particolarmente interessanti le attività sviluppate presso il Politecnico di Torino, nell'ambito del Dottorato in Sicurezza Industriale e Analisi dei Rischi (Luzzi et al., 2007). L'approccio sviluppato è utile per l'analisi di basi dati ampie come quella INAIL degli infortuni, che raccoglie per ogni *record*, in forma codificata, i fattori che hanno portato all'evento e le relative conseguenze.

La ricerca svolta, si è articolata:

- nello sviluppo di una procedura di "data mining" che permette di individuare correlazioni significative tra i fattori caratterizzanti gli infortuni (visto l'elevato numero dei parametri e dei dati esistenti),
- nell'utilizzo di tecniche ed algoritmi che hanno permesso di raggruppare i dati (clustering) e classificarli in termini di livello di rischio e forma di accadimento,
- nella valutazione del rischio infortunistico di maggiore dettaglio, sviluppando un metodo basato sulla *Logica Fuzzy*, considerando la frequenza di accadimento di un evento (F), il probabile danno da esso derivato (S), il fattore di contatto (E) e una valutazione dell'adeguatezza dei sistemi di protezione esistenti al momento dell'incidente (L),
- nella validazione del metodo in aziende (volontariamente offertes).

I comparti produttivi considerati sono stati quelli della lavorazione del legno, della manifattura della gomma e dell'industria siderurgica. Ulteriori attività di sperimentazione del metodo in questo ultimo comparto sono ancora in corso.

Le attività non potrebbero prescindere da un consenso ottenuto dalle parti sociali e datoriali del territorio piemontese, che sono state coinvolte sin dall'inizio e da cui sono ancora arrivati positivi segnali di interesse.

## 2. ANALISI DEGLI INFORTUNI MEDIANTE METODI DI DATA MINING

I dati, su cui la metodologia è stata sviluppata e testata, sono stati forniti dall'INAIL regionale del Piemonte e riguardano circa 1200 casi di infortunio occorsi nel comparto della lavorazione del legno, in Piemonte, tra il 2002 e il 2004. I casi di infortunio riguardano sia laboratori artigianali che vere e proprie industrie e comprendono tutte le fasi della lavorazione del legno: dalla prima fase di lavorazione del legno ai manufatti finiti come mobili o infissi.

Sono stati presi in considerazione i fattori che descrivono la dinamica di occorrenza di ciascun infortunio: l'attività svolta immediatamente prima dell'infortunio, le anomalie per cui l'attività ha subito una deviazione dal suo normale svolgimento, la modalità di contatto che ha causato la lesione

e gli agenti materiali coinvolti. Queste variabili sono categoriche ossia discrete e nominali e non ordinabili, per cui per essere analizzate tramite algoritmi necessitano di una codifica ad hoc. La codifica scelta è di tipo binario ed è esemplificata nella Tabella 1.

Per ogni variabile sono state scelte 8 possibili voci.; ciascuna delle 8 possibilità è caratterizzata da una successione di sette 0 e un 1 e, per ogni variabile, le 8 possibilità differiscono le une dalle altre dalla differente posizione dell'unità.

Tabella 1. Codifica dell'attività svolta al momento dell'infortunio

Operazioni con macchine	1	0	0	0	0	0	0	0
Lavori con utensili	0	1	0	0	0	0	0	0
Conduzione mezzi	0	0	1	0	0	0	0	0
Manipolazione oggetti	0	0	0	1	0	0	0	0
Apertura/chiusura imballaggi	0	0	0	0	1	0	0	0
Spargere/ versare/ riempire	0	0	0	0	0	1	0	0
Trasporto manuale	0	0	0	0	0	0	1	0
Movimento persona	0	0	0	0	0	0	0	1

Oltre all'attività svolta sono stati analogamente codificati: l'anomalia che ha portato all'infortunio (Incendio, Perdite di materiale Rottura – Caduta materiale, Perdita di controllo di macchina-utensile, Caduta o scivolamento persona, Movimenti del corpo, Sorpresa – Spavento), il contatto che ha portato alla lesione e l'agente materiale coinvolto nell'infortunio.

I 1200 casi di infortunio sono stati pertanto trasformati in 1200 vettori. Ciascun vettore è costituito di 48 elementi che corrispondono alla codifica in 8 termini binari dei 6 parametri che caratterizzano i casi di infortunio.

Le tecniche di analisi che sono state applicate a questi dati implicano misure di distanza; nel caso di vettori binari una metrica euclidea non è opportuna; è necessario ricorrere a quelle che sono definite: distanze di similarità. La distanza scelta in questo lavoro è la distanza di Hamming, definita nelle equazioni (1. a) e (1.b); maggiore è il valore di questa distanza, più i due vettori e quindi i due casi di infortunio posti a confronto differiscono tra loro.

$$H(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n \delta(x_i, y_i)}{n} \tag{1.a}$$

$$\delta(x_i, y_i) = \mathbf{0} \text{ if } x_i = y_i \quad \mathbf{1} \text{ if } x_i \neq y_i \tag{1.b}$$

dove:

x e y sono i due dati a confronto

n è il numero delle variabili che caratterizzano ciascun dato.

I casi di infortunio sono stati analizzati con tecniche di 'Data mining'. Si tratta di un insieme di metodi che, applicati a grandi database, permettono di scoprire relazioni significative tra i dati, al fine di renderli più comprensibili e utilizzabili. In particolare, in questo lavoro, l'obiettivo da raggiungere e il tipo di dati a disposizione hanno suggerito di scegliere tecniche di data mining che classificassero i casi di infortunio in funzione della dinamica che caratterizza la loro occorrenza. Si tratta di una classificazione in cui non si conoscono a priori le classi a cui i casi di infortunio appartengono, per cui si parla di classificazione non supervisionata o 'Cluster analysis'. L'obiettivo di una cluster analysis è quello di raggruppare i dati in classi, chiamate clusters, in modo tale che ci sia un'elevata similarità tra i dati all'interno dello stesso cluster e un'elevata dissimilarità tra i dati di clusters differenti. Le tecniche di cluster analysis, utilizzate in questo lavoro, sono descritte brevemente nelle sezioni seguenti.

**1) Self Organizing Maps.** La struttura della ‘Self Organizing Maps’ (SOM) utilizzata in questo lavoro consiste in una mappa bidimensionale di 504 unità connesse in un reticolo esagonale. Ciascuna unità è caratterizzata da un valore inizializzato con un processo casuale. L’apprendimento della mappa è effettuato utilizzando un algoritmo chiamato ‘Batch training algorithm’ che calcola le distanze tra ciascun dato (ossia ciascun caso di infortunio codificato in termini binari) e ciascuna unità della mappa. In un processo di tipo iterativo i valori delle unità della mappa sono aggiornati in modo tale da rendere ciascuna unità della mappa rappresentativa di un particolare tipo di caso di infortunio. L’aggiornamento dei valori delle unità della mappa, effettuato ad ogni step, è descritto nell’equazione (2).

$$w_{j(t+1)} = \frac{\sum_{i=1}^n h_{c(j)}(t) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n h_{c(j)}(t)} \quad (2)$$

dove

$w_j(t+1)$  sono i valori delle unità, aggiornati durante l’apprendimento;

$n$  è il numero dei dati di input;

$x_i$  sono i dati di input;

$h_{c(j)}(t)$  è una funzione gaussiana riferita ad ogni unità di output  $c_j$  che risulta essere rappresentativa di un dato di input;

$t$  sono gli steps in cui si svolge il processo iterativo di apprendimento.

In questo modo, nel processo di apprendimento, casi simili tra loro, sotto il profilo della dinamica, tendono ad essere connessi alla medesima unità nella mappa e dati dissimili tra loro tendono ad essere connessi a unità distanti tra loro nella mappa.

**2) K-means.** Consiste in un processo di tipo iterativo, in cui i dati sono suddivisi in un certo numero di gruppi, chiamati ‘Clusters’. Il numero  $k$  di clusters è scelto a priori e inizialmente, con un processo di tipo random, sono estratti  $k$  dati che dovrebbero fungere da ‘centroidi’ dei  $k$  clusters. L’algoritmo calcola quindi le distanze tra ogni dato a disposizione e ciascun centroide, utilizzando la relazione (3) e associa ciascun dato al centroide più vicino.

$$x \leftrightarrow Ci \text{ if } |x - c_i| < |x - c_j| \quad (3)$$

dove

$c_i$  è il centroide del cluster  $Ci$ ,  $c_j$  il centroide del cluster  $Cj$ ,  $x$  è un dato di input.

Una volta formati i  $k$  clusters, il centroide di ciascun cluster è ricalcolato come descritto dalla seguente equazione (4).

$$c_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} x_{ji} \quad (4)$$

dove

$c_i$  è il centroide del cluster  $Ci$

$m_i$  è il numero degli  $x_j$  dati raccolti nel cluster  $Ci$ .

Il processo continua con il calcolo delle distanze tra i dati e i nuovi centroidi e con la conseguente riassegnazione di ciascun dato al centroide più vicino.

**3) Leader Follower.** Questo metodo di clustering richiede la definizione a priori del valore di una ‘distanza soglia’. Inizialmente un primo dato di input è selezionato come centro del primo cluster. Poi un secondo dato è confrontato con il primo e, se la distanza tra i due dati risulta minore della ‘distanza soglia’, questo secondo dato si aggiunge al primo nella formazione del cluster e il valore

del centro del cluster è aggiornato secondo l'equazione (5); altrimenti, il secondo dato diventa lui stesso centro di un nuovo cluster. Questo processo si ripete per tutti i dati.

$$wi(t+1) = wi(t) + \frac{(xi - wi(t))}{n} \quad (5)$$

dove

$wi(t+1)$  è il valore aggiornato del centro del cluster  $i$

$wi(t)$  è il valore del centro del cluster  $i$  che deve essere aggiornato

$xi$  è il dato assegnato al cluster  $i$

$n$  è il numero di dati raccolti nel cluster  $i$  all'iterazione  $t+1$ .

**4) Hierarchical Clustering.** Questo algoritmo calcola le distanze tra ogni coppia di dati di input in modo che le coppie di dati che risultano più vicini formino un unico cluster. Il processo si ripete con la formazione di clusters sempre più grandi, finché il numero di cluster scelto è raggiunto.

Le distanze tra i clusters, in questo lavoro, sono valutate in base ad un criterio di legame, chiamato 'Ward method', definito nell' eq. (6).

$$d(r, s) = \frac{n_r n_s d^2(\bar{x}_r, \bar{x}_s)}{n_r + n_s} \quad (6)$$

$n_r, n_s$  sono il numero di casi raggruppati rispettivamente nel generico cluster  $r$  e nel generico cluster  $s$

$d^2(\bar{x}_r, \bar{x}_s)$  è la distanza tra il centroide del cluster  $r$  e quello del cluster  $s$

**5) Visualizzazione dei possibili clusters di dati.** I risultati ottenuti possono essere visualizzati in Figura 1 (visione bidimensionale) e in Figura 2 (visione tridimensionale). In queste figure, è visualizzata la mappa SOM dopo il processo di apprendimento. Ciascun esagono rappresenta una unità, etichettata con un numero. I grandi punti neri indicato le 'unità attivate' ossia le unità a cui sono stati associati dei dati di input. In seguito all'apprendimento, a causa dell'aggiornamento del proprio valore, ciascuna unità è diventata più o meno "vicina" alle altre. Le unità vicine tra di loro hanno valori simili e ad esse sono quindi associati dati di input caratterizzati da successioni di 0 e 1 simili tra loro ossia con dinamiche di infortunio analoghe. La scala delle distanze corrisponde sulle mappe, nelle figure, ad una scala di colori: dal blu al rosso. Al colore blu corrispondono le distanze minori, al colore rosso le distanze maggiori. In Figura 2, le zone montuose rappresentano le aree in cui le unità sono distanti tra loro e le valli quelle in cui le unità sono vicine. L'utilizzo di un algoritmo di apprendimento per l'analisi dei casi di infortunio ha permesso di 'proiettare' e quindi visualizzare questi dati, caratterizzati da un elevato numero di parametri, su una mappa bidimensionale. L'algoritmo ha inoltre permesso di associare a unità della mappa topologicamente vicine tra loro e quindi di raggruppare, casi di infortunio simili tra loro, sotto il profilo della dinamica di accadimento. Osservando la mappa, si notano 14 valli in blu che rappresentano 14 possibili clusters in cui possono essere suddivisi i dati di input.

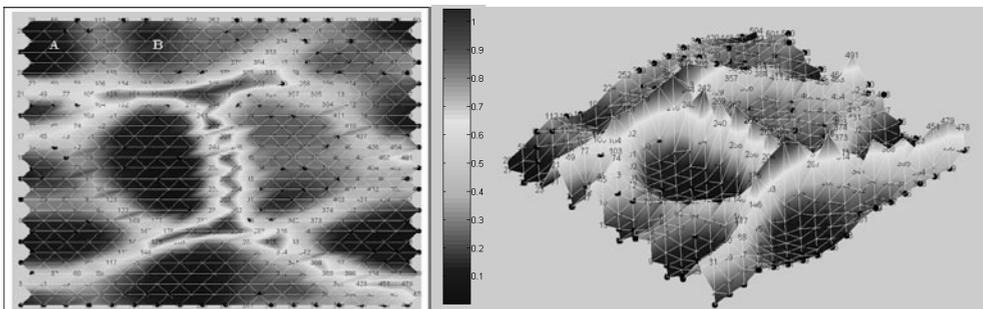


Figura 1. Visualizzazione 2D della SOM Figura 2. Visualizzazione 3D della SOM

**Clustering dei casi di infortunio.** I risultati descritti sopra hanno suggerito di applicare ai casi di infortunio algoritmi che potessero realizzare un effettivo clustering dei dati.

Pertanto gli algoritmi *K-means* e *Follow the leader* sono stati applicati per suddividere la mappa in aree che raccogliessero casi di infortunio simili. I risultati sono illustrati nelle Figg. 3 e 4 in cui si può osservare come questi algoritmi identifichino proprio le 14 aree che sono state visualizzate con la semplice osservazione della mappa. Le aree delimitate dai tratteggi in rosso sono quelle identificate da K-means, quelle delimitate dai tratteggi in nero sono state identificate dall'algoritmo *Follow the leader*.

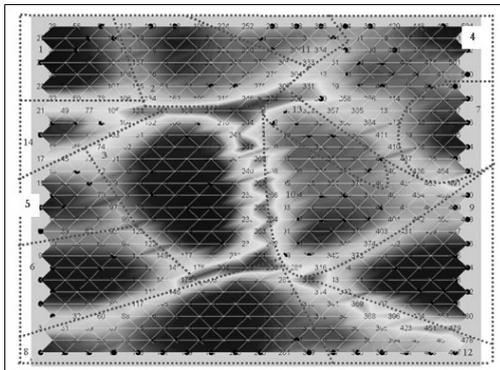


Figura 3. Clusters identificati dal K-means

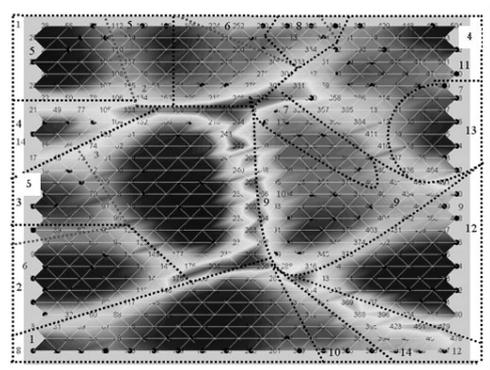


Figura 4. Clusters identificati da Follow the l.

Al fine di valutare l'accuratezza dei risultati sopra descritti è stato applicato, direttamente ai casi di infortunio, un terzo tipo di algoritmo: lo *Hierarchical clustering*. La Figura 5 mostra un dendrogramma che è la sintesi grafica dei risultati ottenuti con questo tipo di algoritmo; sull'asse delle ascisse sono presenti i dati di input e sull'asse delle ordinate le distanze tra i clusters che l'algoritmo ha creato. Questo algoritmo individua i medesimi 14 clusters creati da K-means e *Follow the leader*.

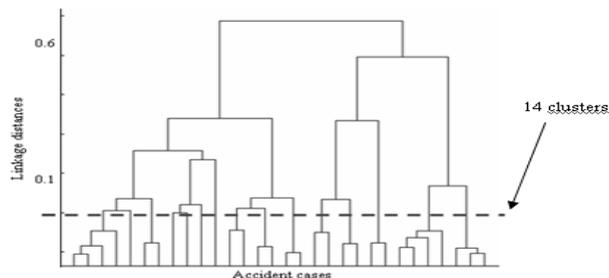


Figura 5. Dendrogram creato dall'algoritmo 'Hierarchical'

Sono stati quindi analizzati i casi di infortunio associati alle unità della mappa che appartengono alla medesima area individuata dagli algoritmi di clustering. Dall'analisi è risultato che i casi di infortunio appartenenti alla medesima area e quindi al medesimo cluster sono caratterizzati dalla medesima dinamica. In questo modo sono state identificate 14 differenti dinamiche che causano gli infortuni nell'industria del legno.

Come illustrato in Tabella 2, i tre metodi di clustering usati sono stati infine confrontati, in termini di accuratezza, mediante l'indice *I* descritto nell'eq. (7).

$$I = \frac{\sum_{v=1}^k a_v}{n} \quad (7)$$

dove

$a_v$  è il numero di casi di infortunio correttamente assegnati al cluster

$k$  è il numero di clusters

$n$  è il numero di casi di infortunio.

**Tabella 2.** Confronto tra l'accuratezza dei metodi

METODO	$I$
SOM plus Follow the Leader	94 %
SOM plus K-means	92 %
Hierarchical clustering	88 %

**6) Interpretazione dei clusters.** Per ogni cluster individuato, è stato calcolato un indice di frequenza, considerando la percentuale dei casi di infortunio raccolti in ciascun cluster rispetto al numero totale di casi di infortunio presenti nella banca dati fornita dall'INAIL. Il numero di casi che hanno implicato perdite anatomiche, presenti in ciascun cluster, è stato invece usato come indice di gravità per ogni cluster. In base ai valori degli indici di frequenza e gravità ad ogni cluster è stato associato un livello di rischio al fine di individuare le dinamiche infortunistiche che prime tra tutte devono essere evitate. Il lavoro con utensili manuali associato ad una perdita di controllo dell'utensile o ad un movimento non corretto dell'operatore è stato individuato come situazione più critica nell'industria del legno, in quanto ha implicato il maggior numero di casi di infortunio e di perdite anatomiche.

### 3. ANALISI DEGLI INFORTUNI MEDIANTE FUZZY LOGIC

#### 3.1 Descrizione caratteristiche principali FAP (Fuzzy Application Procedure)

Con l'obiettivo di identificare "a priori" le possibili misure preventive e protettive più idonee, atte a ridurre il rischio d'infortunio in un determinato contesto lavorativo è stato messo a punto uno strumento metodologico per una sua valutazione quantitativa o semiquantitativa basato sulla Logica Fuzzy. I vantaggi di un approccio di questo tipo sono stati illustrati mediante l'applicazione ad un campione di dati forniti da un'azienda produttrice di pneumatici.

Nell'ambito di questa ricerca è stata sviluppata un'applicazione software denominata FAP, Fuzzy Application Procedure, che permette di rendere facile all'utente finale l'utilizzo delle enormi potenzialità di uno strumento di calcolo come il fuzzy toolbox di Matlab® e di uno strumento di organizzazione e presentazione dei dati come Excel® (il cui utilizzo è prassi comune). Per sfruttare al meglio queste potenzialità, entrambi i prodotti sono dotati di un'interfaccia COM (Component Object Model) che permette ad altre applicazioni, che sfruttano la metodologia di programmazione ad oggetti (OOP - Object Oriented Programming), di lanciare e pilotare queste applicazioni. Come linguaggio di programmazione è stato scelto Microsoft Visual Basic® (nominato VB in seguito) per la sua facilità, la sua versatilità e perché, mediante il suo utilizzo è possibile creare agevolmente interfacce grafiche molto intuitive all'utente finale. Accanto al linguaggio VB, sono state create delle function Matlab per rendere più semplice e veloce il suo interfacciamento con VB.

Partendo dall'espressione del *rischio tecnologico*  $R = f(F, M)$  (Rasmussen, 1975), del *danno probabile derivante da un evento*  $M = f(S, E)$  (Patrucco, 1997), e introducendo un giudizio sull'adeguatezza delle misure protettive, si è giunti alla seguente funzione del rischio d'infortunio:

$$R = f(F, S, E, L)$$

dove  $F$  è la *frequenza di accadimento dell'evento* [eventi/giorno],  $S$  è la *gravità o l'entità del possibile danno* [giorni di assenza dal lavoro],  $E$  è il *fattore di contatto* [frazione del turno di lavoro] e  $L$  è il *grado di adeguatezza delle misure protettive* [adimensionato].

Con il semplice legame funzionale AND, secondo una prassi consolidata da tempo (Patrucco, 1997) diventa:

$$R=F*S*E*L$$

La costruzione di un sistema fuzzy attraverso il fuzzy toolbox di Matlab si distingue nei seguenti step:

1. Definizione degli insiemi fuzzy delle variabili di input e di output.
2. Definizione delle regole che correlano le variabili di input e di output
3. Aggregazione dei contributi delle regole.
4. Defuzzificazione dei risultati.

Tabella 3. *Insiemi fuzzy*, variabili linguistiche e corrispondenti interventi suggeriti.

Frequenza di accadimento	Gravità	Fattore di contatto	Grado di adeguatezza delle misure protettive	Rischio	Proposte di interventi migliorativi
<b>Remota</b> 0-0.3	<b>Molto lieve</b> 0-0.3	<b>Basso</b> 0-0.3	<b>Ottimo</b> 0-0.3	<b>Basso</b> 0-0.25	Rischio tollerabile: nessuno intervento
<b>Bassa</b> 0.2-0.5	<b>Lieve</b> 0.2-0.5	<b>Medio</b> 0.2-0.5	<b>Buono</b> 0.2-0.5	<b>Medio</b> 0.26-0.45	Rischio moderatamente non tollerabile: interventi di media entità
<b>Media</b> 0.4-0.7	<b>Media</b> 0.4-0.7	<b>Alto</b> 0.4-0.7	<b>Sufficiente</b> 0.4-0.7	<b>Alto</b> 0.46-0.75	Rischio non tollerabile: interventi consistenti
<b>Alta</b> 0.6-1	<b>Grave</b> 0.6-1	<b>Altissimo</b> 0.6-1	<b>Carente</b> 0.6-1	<b>Altissimo</b> 0.76-1	Rischio decisamente intollerabile: interventi urgenti e consistenti

Il numero delle regole è fortemente legato al numero delle variabili di input e al corrispondente numero di insiemi fuzzy.

La FAP è stata applicata su un campione di infortuni avvenuti in un'acciaieria con una forza lavoro pari a 1.000 persone. La maggior parte delle produzioni avviene su turno continuo (ore 6.00 ÷ 14.00, 14.00 ÷ 22.00, 22.00 ÷ 6.00), di seguito sono elencate le aree produttive e l'area di deposito dello Stabilimento:

1. Area di fabbricazione e prima trasformazione: area in cui avviene la prima trasformazione a caldo con produzione di lingotti, tondi, piatti forgiati, ecc.
2. Area di laminazione: area che si compone di un unico reparto "Laminatoio vergelle/barre" e in cui avviene la produzione dei suddetti semilavorati.
3. Area di finitura: in questa area si completa il ciclo di lavorazione con la produzione di vergelle decapate, barre in acciaio inox, barre e blocchi per utensili e barre per valvole di motori endotermici.
4. Area di deposito: il deposito riguarda le materie prime, quali i materiali ferrosi, le ferroleghes, e i refrattari, nel reparto "Deposito rottami" e i prodotti finiti nel reparto "Magazzino".

E' stato possibile individuare i reparti critici (quello del decapaggio, in particolare per la fase dei trattamenti termici, e il laminatoio barre/vergelle) e le mansioni più colpite.

### 3.2 Applicazione

Il modello di valutazione del rischio d'infortunio sviluppato si basa sulla seguente espressione del rischio:

$$R = F \text{ and } M \text{ and } E \text{ and } L$$

vale a dire sul prodotto logico tra la Frequenza di accadimento, la Magnitudo o gravità del danno, il Fattore di contatto (frazione del turno di lavoro) e il Grado di adeguatezza delle misure protettive. Si osservi come i dati disponibili, tratti dai registri infortuni, non consentano di stimare E e L, pertanto le valutazioni del rischio riportate di seguito si riferiscono ad un'espressione semplificata del rischio, vale a dire  $R = F \text{ and } M$ .

Con l'obiettivo di quantificare il rischio medio di reparto, si è proceduto con la valutazione del rischio di ciascun infortunio avvenuto in reparto. A tal fine, F è diventata la frequenza di accadimento normalizzata (o relativa), ovvero il rapporto tra la frequenza di accadimento di reparto e la frequenza di accadimento massima di stabilimento, ovvero quella del reparto con il più alto numero di infortuni; M diventa la magnitudo normalizzata (o relativa), ovvero il rapporto tra la prognosi dell'infortunio considerato e la prognosi massima.

Ad esempio, con riferimento all'anno 2002, la frequenza di accadimento relativa del reparto "Acciaieria" è il rapporto tra la frequenza di accadimento del suddetto reparto e quella del reparto "Manutenzione", che registra il più alto numero di infortuni.

Si è ammesso inoltre che l'anno lavorativo abbia una durata di 200 giorni per tutti i reparti e che lo Stabilimento abbia circa 1000 addetti. Si è osservato come più del 90% degli infortuni registrati nel triennio di riferimento abbiano una prognosi minore di 40 giorni (valore limite stabilito dagli Organi di Vigilanza oltre il quale si sottopone l'infortunio ad inchiesta). Al fine di non trascurare i suddetti infortuni e quindi la pericolosità di interi reparti, la magnitudo è stata riferita alla prognosi di 40 giorni e non alla prognosi massima di stabilimento. Gli insiemi fuzzy delle variabili sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 4. Insiemi fuzzy basati su frequenza e magnitudo dell'evento

Frequenza di accadimento		Gravità	
Valore normalizzato	Infortuni per giorno per lavoratore (*10 <sup>-4</sup> )	Valore normalizzato	Giorni di prognosi
<b>Remota</b>		<b>Bassissima</b>	
0 - 0,225	0- 0,405	0 - 0,025	0 - 1
<b>Bassa</b>		<b>Bassa</b>	
0,025 - 0,475	0,045 - 0,855	0,225 - 0,475	9 - 19
<b>Media</b>		<b>Media</b>	
0,275 - 0,725	0,495 - 1,306	0,275 - 0,725	11 - 29
<b>Alta</b>		<b>Alta</b>	
0,525 - 0,975	0,945 - 1,755	0,525 - 0,975	21 - 39
<b>Altissima</b>		<b>Altissima</b>	
0,775-1	1,395 - 1,80	0,775-1	31 - 40

Il livello di rischio di reparto è stato calcolato con riferimento agli infortuni con una prognosi inferiore ai 40 giorni; pertanto, al fine di poter stabilire delle priorità di intervento, nei reparti in cui

sono presenti uno o più infortuni con prognosi minore di 40 giorni occorrerà attribuire al reparto un livello di rischio superiore a quello calcolato. Fermo restando la necessità di interventi tecnico/procedurali immediati per gli infortuni più gravi.

La valutazione del rischio medio per reparto è stata fatta considerando esclusivamente gli infortuni con prognosi inferiore a 40 giorni. Pertanto, nei reparti che hanno registrato infortuni con una prognosi maggiore, occorrerà tenerne conto al fine di poter stabilire efficacemente criticità e priorità di intervento.

Si osservi come gli infortuni con prognosi superiore ai 40 giorni, per prassi aziendali siano studiati caso per caso a fronte anche delle inchieste infortuni esterne ed interne, rispettivamente avviate dall'Organismo di vigilanza e dal Servizio di Prevenzione e Protezione aziendale.

Si osservi infine come in riferimento ai reparti più critici ("acciaieria", "colata continua", "fucina", "finitura", "decapaggio", "manutenzione"), alla gravità (prognosi > 40 giorni) e ad una particolare parte lesa, quale è l'occhio, sia stato individuato un campione di infortuni da sottoporre ad approfondimento.

#### 4. CONCLUSIONI

La definizione di correlazioni significative tra i fattori caratterizzanti gli infortuni (visto l'elevato numero dei parametri e dei dati esistenti) ed il raggruppamento dei dati infortunistici (clustering) in termini di livello di rischio e forma di accadimento, sono tra i risultati di maggiore utilità applicativa in ambito prevenzionale. A questi si aggiunge l'utilità del metodo basato sulla *Logica Fuzzy*, che offre la possibilità di effettuare a partire da dati oggettivi la valutazione del rischio infortunistico.

I comparti produttivi su cui si è puntata l'attenzione sono stati quelli della lavorazione del legno, della manifattura della gomma e dell'industria siderurgica e si ribadisce che le attività sono state rese possibili grazie all'interesse condiviso dalle parti sociali e datoriali del territorio piemontese. E' stato raggiunto lo scopo di sviluppare una metodologia di trattamento dei dati utilizzabile sia a larga scala per l'analisi di comparto che in scala ridotta per la valutazione delle singole aziende.

Si osservi come tale metodologia, nonostante sia qui presentata una particolare applicazione, sia facilmente estendibile a qualsiasi azienda con il solo vincolo di disporre di un sufficiente e omogeneo numero di registrazioni infortuni, in modo da istruire correttamente il software e ottimizzare (tuning) i parametri di riferimento.

Il vantaggio di utilizzare una procedura automatizzata permette all'utente meno esperto di poter applicare e utilizzare degli strumenti di calcolo potenti ma complessi e nello stesso tempo di ottenere le informazioni derivanti dalla sua applicazione già organizzati e pronti per essere utilizzati e presentati.

#### BIBLIOGRAFIA

**R. Luzzi, S. Murè, F. Palamara:** Metodologie innovative per l'analisi del fenomeno infortunistico basata sui dati INAIL, 2007, 5° Seminario CONTARP, Atti pagg. 175-183.

**N. Rasmussen:** Nuclear Regulatory Commission Rasmussen Report, "An Assessment of Accidents Risk in US Commercial Nuclear Power Plants", 1975, WASH 1400, Washington.

**M. Patrucco:** "Sicurezza e Ambiente di Lavoro", ed. Trauben, Torino 1997.

# **“LA SICUREZZA A PORTATA DI MANO”: CULTURA, TECNICA ED ORGANIZZAZIONE DELLA PREVENZIONE NELLE PICCOLE IMPRESE ARTIGIANE**

A. PREITI<sup>1</sup>, A. CERQUAGLIA<sup>1</sup>, A. LIGI<sup>2</sup>, F. RUSPOLINI<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Ente Bilaterale Regionale Artigianato Umbro (E.B.R.A.U.)

<sup>2</sup>INAIL – Direzione Regionale Umbria

<sup>3</sup>INAIL – Direzione Regionale Umbria – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

Il progetto “La sicurezza a portata di mano” nasce dalla collaborazione tra Ente Bilaterale Regionale Artigianato (E.B.R.A.U.) e INAIL dell’Umbria.

In esso si promuove e si valorizza il ruolo strategico della rappresentanza bilaterale – datoriale e dei lavoratori – quale sede naturale e privilegiata per sviluppare modelli prevenzionali mirati, realizzare sinergie di gruppo e condividere buone pratiche attuative.

Il progetto affronta un tema molto sentito nell’ambito delle piccole imprese artigiane e non, che si sostanzia nella messa a punto di una metodologia per organizzare e gestire in forma complessiva e sistematica le attività a favore della tutela della salute e della sicurezza sui luoghi di lavoro.

Il “kit della prevenzione” rappresenta la sintesi di questo lavoro e si propone quale strumento operativo per una corretta autogestione dell’attività prevenzionale aziendale da parte di piccoli imprenditori artigiani.

Si estende così l’attenzione dai tradizionali temi della formazione, informazione ed addestramento del personale, verso una disamina dell’intero sistema produttivo ricercando ed evidenziando in esso, carenze di natura tecnica, organizzativa e valutativa quali potenziali sorgenti di pericolo per i lavoratori.

Il progetto sebbene agisca secondo una logica di approccio globale rispetto all’attività prevenzionale aziendale, mantiene una strutturazione semplice ed essenziale in linea con i bisogni dell’utenza.

Nello sviluppo complessivo del progetto vi è perciò il deliberato proposito di offrire soluzioni pratiche, facilmente spendibili nell’ambito delle piccole realtà artigiane, sacrificando consapevolmente rigore di forma ed il proposito di offrire una risposta completa ed esaustiva ai temi trattati.

## **SUMMARY**

The project “Safety within reach” rises from a collaboration between the Regional Hand- Crafted Bilateral Body (E.B.R.A.U.) and INAIL of Umbria.

It promotes and enhances the strategic task of the bilateral representation – the employers and the workers – which is seen as a natural and favoured core able to develop explicit prevention models, to realize groups synergies and to share skilful rewarded practices.

The project deals a really common theme among the small hand-craft companies and not only, and has to be considered as an adjustment of a methodology aiming to organize and to systematically manage on the whole the activities, so that the health and work safety safeguard may be favoured.

The “prevention kit” represents the abstract of this work and sets itself as an operating instrument in order to obtain a correct safe management of the prevention company activity ruled by small hand-craft businessmen.

In this manner, the traditional themes of formation, information and vocational training expand themselves towards a close examination of the whole productive system and one tries to point out in it the technical, organizational and evaluative lacks which are believed to be a danger for the workers.

Although the project follows a global approach compared to the company prevention activity, it maintains a simple and essential structure and it respects the users needs.

The whole development of the project has the precise goal to offer practical solutions, easy to use in the small hand-craft companies and it consciously neglects the shape rigor, having the precise aim to give a complete and comprehensive answer to the themes examined so far.

## 1. INTRODUZIONE

A partire dagli anni 90 il recepimento di specifiche direttive comunitarie in materia di salute e sicurezza sul lavoro oltre ad aver innalzato l'attenzione sociale e la valenza etica sui temi della salute e sicurezza sul lavoro ha introdotto un nuovo modo d'intendere e soprattutto praticare la prevenzione aziendale. Si parla di "modelli di relazione" ritenendo, a ragione, che la soluzione va costruita su scala aziendale mettendo a sistema il contributo sinergico e complementare di tutti i componenti dell'azienda. È a questo proposito che il Legislatore prevede, a livello aziendale e in affiancamento alla tradizionale "linea operativa" Datore di lavoro – Dirigente – Preposto, una "linea consultiva" Datore di lavoro (DL) – Responsabile del servizio di prevenzione e protezione (RSPP) – Medico Competente (MC) – Rappresentante dei lavoratori (RLS). Questo pool di collaborazioni attivate dal datore di lavoro intervengono, su vari fronti e a vario titolo, per dare supporto ed assistenza tematica per l'analisi dei rischi professionali aziendali e per la conseguente ricerca di soluzioni sul piano prevenzionale.

Il carattere permanente e continuativo di tali collaborazioni pone l'attenzione su due elementi: - l'osservazione continua è necessaria per cogliere "sul campo" ogni possibili criticità organizzativa e/o operativa sulla cui base attivare azioni correttive e/o migliorative delle soluzioni prevenzionali adottate, - la soluzione prevenzionale è dinamica non meno di quanto risultano i modelli organizzativi e produttivi a cui si riferiscono. E' in questo concertare i diversi punti di osservazione che si esprime la massima potenzialità di un sistema che agisce su base partecipativa. La sintesi di questo lavoro diligente trova concreta espressione nella valutazione dei rischi aziendale e nella stesura del relativo documento (DVR) che evolve di conseguenza documentando, a torto o a ragione, l'operato dell'azienda a fini prevenzionale.

Anche i compiti del datore di lavoro seguono questa evoluzione divenendo sempre più caratterizzati da doveri di natura organizzativa e gestionale anche attraverso l'istituto della delega di funzioni.

Il recente D.Lgs. n.81/2008 – rif. Art. 30 - ha più che confermato questo modo di intendere e di praticare la prevenzione tanto da suggerire l'opportunità di dotarsi di strumenti gestionali utili per un miglior controllo aziendale dei atti e fatti che hanno rilevanza a fini prevenzionali al fine di rendere le misure adottate efficienti e soprattutto efficaci rispetto a precisati risultati e obiettivi definiti aziendalmente.

Le informazioni di merito non possono che scaturire dalla valutazione dei rischi aziendale che dovrà di conseguenza assumere una veste molto operativa e pragmatica. È su questa base che ha un senso implementare un sistema gestionale efficace e in quanto tale orientato ai risultati.

È del tutto evidente che a fronte dei potenziali benefici che ne derivano dal potenziamento di strumenti di gestione e controllo ne conseguono "ipso facto" oneri di tipo attuativo sicuramente non trascurabili e che hanno naturalmente un "peso" tanto maggiore quanto minore è la dimensione aziendale.

È proprio in questo target di piccole imprese che si rileva la necessità di un intervento esterno all'azienda con compiti di orientamento, supporto e assistenza che il Legislatore assegna agli enti bilaterali di settore. Per quanto sia molto chiaro il fine che si vuole raggiungere attraverso l'intervento degli enti bilaterali non è altrettanto chiaro in che modo e con che mezzi questi possano svolgere questo prezioso ruolo di interposizione e di semplificazione. Il progetto INAIL –EBRAU fornisce a riguardo, attraverso il kit della prevenzione, idee, metodologie e strumenti integrati per una gestione razionale dell'attività prevenzionale.

Si tratta di uno strumento finalizzato a fornire:

- formazione ed informazione di base sui temi della salute e sicurezza sui luoghi di lavoro e relativi obblighi;
- verifica dei principali adempimenti prevenzionali;
- percorsi guidati per la valutazione dei rischi aziendale;
- strumenti organizzativi e gestionali per attuare efficacemente le misure di prevenzione;
- raccolta ordinata e sistematica dei documenti inerenti gli obblighi prevenzionali;

Componenti integrative e di supporto al Kit della prevenzione sono :

- il centro di assistenza tematico;
- la formazione e l'informazione mirata;
- l'assistenza per l'utilizzo del Kit della prevenzione;
- l'assistenza alle rappresentanze dei lavoratori aziendali e territoriali;
- la costituzione e l'aggiornamento di banche dati attraverso il monitoraggio continuo delle imprese del settore;
- lo studio statistico dei dati;
- il monitoraggio dei miglioramenti.



Figura 1: KIT DELLA PREVENZIONE

### Sviluppi futuri: **il KIT DELLA PREVENZIONE, strumento per la QUALIFICAZIONE DELLE IMPRESE ARTIGIANE**

L'attività di sviluppo del progetto è attualmente indirizzata verso la ricerca di una "batteria di indicatori" ritenuti rilevanti e rappresentativi dello standard prevenzionale aziendale in termini sia tecnici che organizzativi. Si tratta di "feedback" (invio di dati ed informazioni da parte delle imprese che decidono volontariamente di aderire al progetto) basati sul principio dell'autocertificazione da parte di ciascun datore di lavoro attraverso i quali l'ente bilaterale dell'artigianato ha modo di qualificare l'operato delle imprese e attivare di conseguenza opportuni meccanismi premiali. Si tratta di costruire opportuni indici di performance che sebbene non possano spingersi fino a **certificare** lo stato prevenzionale delle aziende possano quantomeno **attestare** le imprese che, in forma del tutto volontaria, hanno scelto di seguire precisati percorsi professionalizzanti sui temi della prevenzione costruiti dalla bilateralità, debitamente qualificati e ampiamente sperimentati sul campo.



Figura 2: **Contenuti del KIT DELLA PREVENZIONE**

## 2. MATERIALI E METODI

Nello sviluppo complessivo del progetto si evidenziano quattro importanti stadi evolutivi:

1. la rilevazione delle caratteristiche strutturali delle imprese artigiane in Umbria e l'analisi dei relativi bisogni in ambito prevenzionale;
2. la definizione di uno strumento di autodiagnosi che restituisce il **“polso della situazione”** rispetto a cinque diversi centri di attenzione intorno ai quali ruota l'attività prevenzionale: **luoghi di lavoro, rischi di processo, personale, misure tecnico organizzative, valutazione dei rischi;**
3. la somministrazione assistita delle check-list di verifica su un campione rappresentativo di 1.200 imprese artigiane in Umbria; la definizione del campione è stata realizzata nel rispetto di criteri statistici di rappresentatività con riferimento al territorio ed al comparto produttivo. Nella somministrazione sono state considerate anche altre variabili anagrafiche delle imprese artigiane quali: numero di addetti, datore di lavoro con funzioni RSPP, presenza di RLS\RLST, anni di attività dell'impresa e titolo di studio del datore di lavoro;
4. la realizzazione di uno strumento finalizzato ad agevolare l'adozione di percorsi logici e metodologici per una razionale organizzazione e gestione dell'attività prevenzionale – **KIT DELLA PREVENZIONE®**.

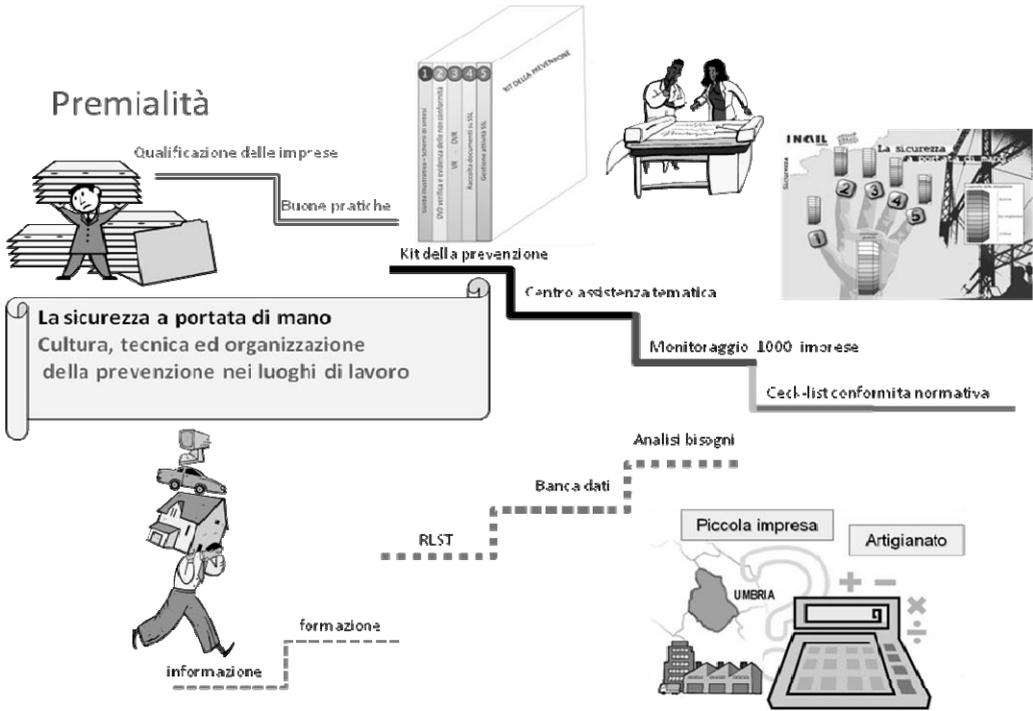


Figura 3: Evoluzione del progetto “LA SICUREZZA A PORTATA DI MANO”®

### 3. RISULTATI

Attraverso la sperimentazione del kit della prevenzione e l'utilizzo delle schede di controllo contenute nel 2° volume, si sono conseguiti due ordini di obiettivi.

**Risultati sulla singola impresa:** l'analisi delle non conformità rilevate ha dato modo a ciascun datore di lavoro di conoscere sul piano prevenzionali le proprie carenze e criticità verso le quali indirizzare opportunamente attenzione ed azioni correttive e/o migliorative.

N°	VARIABILI ANAGRAFICHE IMPRESA	Icona	Classi di rischio	INCROCI STATISTICI:							
				Variabili anagrafiche:							
				Comparti produttivi	N° addetti	Area territoriale	Datore di lavoro RSPP	Rappresentanza dei lavoratori	Anni di attività impresa	Titolo di studio del datore di lavoro	
1	il comparto produttivo		(*) (**)								
2	il numero di addetti		(*) (**)								
3	l'area territoriale		(*) (**)								
4	il datore di lavoro con funzioni RSPP		(**)								
5	la rappresentanza dei lavoratori		(**)								
6	gli anni di attività dell'impresa		(**)								
7	il titolo di studio del datore di lavoro		(**)								
				Luoghi di lavoro	x	x	x	x	x	x	x
				Rischi di processo	x	x	x	x	x	x	x
				Personale	x	x	x	x	x	x	x
				Misure tecnico-organizzative	x	x	x	x	x	x	x
				Valutazione dei rischi	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)

Figura 4: criteri di campionamento e di indagine per il monitoraggio delle imprese artigiane



Figura 5: **Contenuti del KIT DELLA PREVENZIONE**

**Risultati su scala aggregata:** il monitoraggio sulle 1.200 imprese ha consentito di costruire uno spaccato, statisticamente attendibile, sulla condizione prevenzionale nella generalità delle imprese artigiane dell'Umbria che può essere così sintetizzato:

“la fascia di aziende che risultano critiche e molto critiche è non meno del 20%, e cioè una su cinque; almeno il 40% delle imprese, e cioè non meno di due su cinque, presentano ampi margini di miglioramento mentre il restante 40%, circa due su cinque, presentano una situazione adeguata. Rispetto ai cinque diversi fattori di rischio (luoghi di lavoro, processi, personale, misure tecnico - organizzative, valutazione rischi) le maggiori criticità sono concentrate nelle misure tecnico organizzative e ciò in qualche misura per ragioni fisiologiche, dato che si tratta di imprese che tendenzialmente praticano una prevenzione sul campo di cui lasciano poca traccia documentale. Si osserva a questo riguardo che molto spesso il datore di lavoro è anche RSPP e preposto il che presuppone un collegamento e controllo diretto sull'operato degli altri lavoratori. Le criticità sono più rilevanti nelle micro imprese fino a tre, quattro addetti; non si osservano sostanziali differenze tra i diversi comparti produttivi, in relazione con la presenza del RSPP esterno o con la presenza del Rappresentante dei lavoratori aziendale o territoriale. Il quadro complessivo che si delinea è quello di un bisogno ampio e generalizzato di assistenza necessaria per realizzare sia il salto di qualità in termini di approccio ai temi della prevenzione che per assolvere pienamente e compiutamente i relativi adempimenti di Legge”.

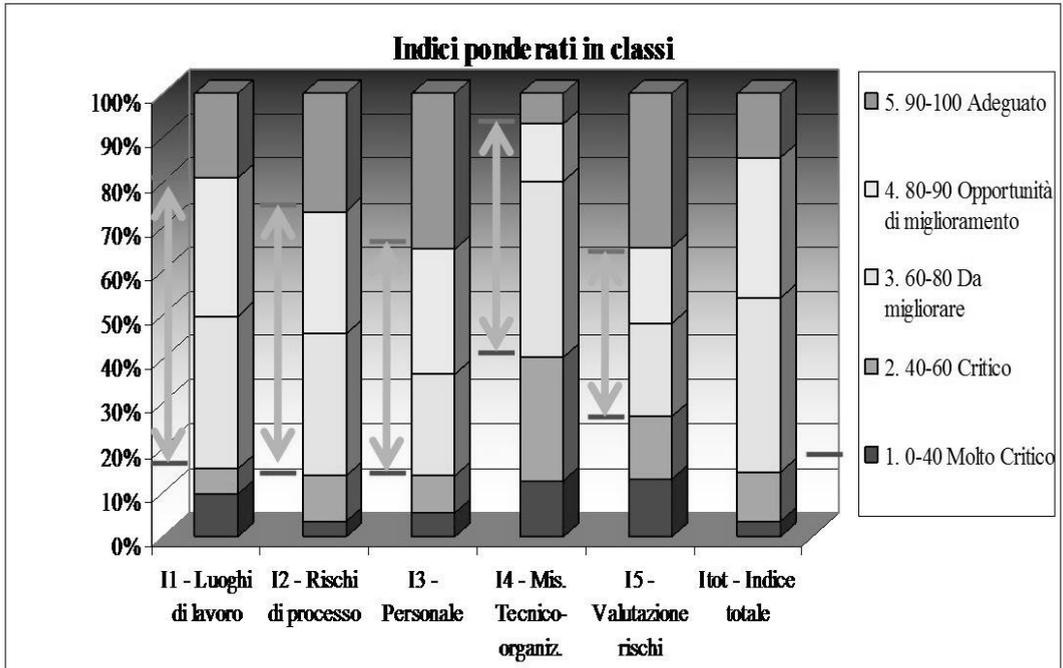


Figura 6: risultati del monitoraggio su 1200 imprese artigiane

#### 4. CONCLUSIONI

La multidisciplinarietà e la complessità della tecnica prevenzionale in materia di salute e sicurezza sul lavoro e la loro specifica regolamentazione normativa rendono oggettivamente difficile la loro applicazione nelle piccole imprese, artigiane e non.

Gli organismi paritetici e la bilateralità intervengono perciò come prezioso e strategico strumento di interposizione verso le piccole imprese con il compito di fornire orientamento e assistenza tematica, veicolare buone pratiche prevenzionali e quant'altro possa agevolare percorsi qualificanti e professionalizzanti con conseguenti benefici in termini di infortuni e malattie professionali. In questo contesto il kit della prevenzione nasce quale strumento di relazione e di dialogo costruttivo attraverso il quale veicolare e consolidare percorsi qualificanti e professionalizzanti in materia prevenzionale.

#### BIBLIOGRAFIA

**D.Lgs. n. 81/2008 Titolo I – Capo III – Sezione II – artt. 28-29-30**

**E. Greco – M. P. Tosti – G. Ombuen – G. M. Pirone:** "Verso una nuova cultura della sicurezza sui luoghi di lavoro" – Istituto Italiano di Medicina Sociale – Roma, pag. 106 ss

**M. Lai :** "La sicurezza del lavoro tra Legge e contrattazione collettiva" – G. Giappichelli Editore - Torino, pag. 230 ss

**M. Lai :** "Flessibilità e sicurezza del lavoro" – G. Giappichelli Editore - Torino, pag. 87 ss

**M. Lai** : " La sicurezza del lavoro tra testo unico e disposizioni immediatamente precettive (commento alla Legge n.123 del 3 agosto 2007) – punto 5

**M. Ricci**: “ La sicurezza sul lavoro. Evoluzione legislativa, esperienza applicative, prospettive di riforma” – Cacucci – Bari - pag. 155 ss

**A. Tampieri** : "Sicurezza sul lavoro e modelli di rappresentanza” – G. Giappichelli Editore - Torino, pag. 280 ss

**E. Volturo**: Esplorare il "TESTO UNICO" sulla salute e sicurezza nei luoghi di lavoro - INAIL - Università di Napoli "Federico II" - Ottobre 2008 pag. 41 ss

# **IL SISTEMA SEMPLIFICATO DI GESTIONE DELLA SICUREZZA SUL LAVORO PER LE PICCOLE IMPRESE APPLICATO SUL TERRITORIO DI FORLÌ**

F. RENZETTI<sup>1</sup>, R. SANTARELLI<sup>1</sup>, L. TRIMARCHI<sup>1</sup>, L. VENERI<sup>2</sup>, P. GHINI<sup>2</sup>, A. CASO<sup>2</sup>, G. BALDASSARI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAIL – Direzione Regionale Emilia Romagna – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>AUSL – Azienda Unità Sanitaria Locale - Forlì

## **RIASSUNTO**

I Sistemi di Gestione della Sicurezza sul Lavoro (SGSL) sono oggi un tema di grande attualità. Tuttavia, la progettazione e l'implementazione di un SGSL è, per un'impresa, un'operazione relativamente complessa che richiede un impegno di risorse umane ed economiche nonché una avanzata capacità gestionale. Mentre per le imprese medio - grandi questo non costituisce un problema, per le piccole o micro imprese costituisce spesso un ostacolo insormontabile.

Per consentire anche alle piccole imprese di poter utilizzare questi moderni strumenti di gestione è necessario elaborare, a partire dai principali standard o linee guida di riferimento, dei modelli di SGSL semplificati e “pre-confezionati” agevolmente applicabili da queste piccole realtà.

E' evidente che lo scopo di questi modelli è sostanzialmente quello di introdurre le piccole imprese al mondo dei sistemi di gestione, consentendo tuttavia di raggiungere basilari obiettivi di sicurezza. Infatti, un modello “pre-confezionato” non potrà mai avere le potenzialità di un SGSL progettato per la specifica realtà produttiva. L'adozione dei sistemi semplificati consente tuttavia alle imprese di acquisire conoscenze fondamentali in tema di SGSL e mette le stesse in condizioni di poter implementare, successivamente, un proprio sistema di gestione progettato “ad hoc” per le specifiche esigenze.

Grazie all'iniziativa della AUSL di Forlì, è stato creato un gruppo di lavoro, di cui hanno fatto anche parte le associazioni datoriali e le parti sociali del territorio. Il gruppo di lavoro ha elaborato un modello di SGSL semplificato ed è stato successivamente sottoposto ad un gruppo di imprese volontarie per effettuare la “sperimentazione sul campo”.

## **SUMMARY**

Today the Occupational health and Safety Management Systems (SMS) are a topical subject.

However, for an enterprise, the planning and the implementation of a SMS is a complex work that requires considerable human and economic resources and advanced management capabilities. While for medium - large this is not a problem for small and micro enterprises is often an insurmountable barrier.

To allow even small enterprises to be able to use these modern tools of management should be developed, starting from the main standards or guidelines for reference of simplified models of SMS.

Clearly the intent of these models is essentially to introduce small enterprises to the world of management systems, to achieve basic goals of safety. In fact, a pre-packed model can never have the potential of a SMS designed for the specific production unit. The adoption of simplified systems allow companies to acquire fundamental knowledge on safety.

Thanks to the AUSL Forlì, a working group was created, composed of employers' associations and social partners in the territory. The working group designed a simplified model of SMS that was proposed to a voluntary group of companies for testing.

## 1. PREMESSA

Da qualche anno, sulla scia dei Sistemi di Gestione della Qualità (SGQ), estremamente diffusi e noti, sono stati proposti diversi modelli di Sistemi di Gestione della Sicurezza sul Lavoro (SGSL). Al contrario dei primi, che hanno trovato un riferimento praticamente unico nello standard ISO 9000, con i suoi costanti aggiornamenti, i modelli di SGSL, siano essi Standard veri e propri o semplicemente Linee Guida, non hanno trovato un riferimento unico riconosciuto dall'organismo a ciò preposto (l'ISO). Esistono, quindi, numerosi riferimenti che, spesso, hanno diffusione esclusivamente nazionale. A livello italiano, ad esempio, si sono affermati due modelli, l'uno inglese (lo standard OHSAS 18000) e l'altro completamente italiano (le Linee Guida UNI – INAIL – ISPESL).

Il modello semplificato di gestione della sicurezza sul lavoro, denominato SGS, nasce a seguito di una serie di considerazioni, di cui alcune di carattere generale ed altre di carattere particolare, legate alla realtà locale. Le principali di queste considerazioni, o riflessioni, sono state e sono le seguenti.

1. I SGSL risultano essere più adatti a imprese di dimensioni medie e grandi, in quanto presuppongono una capacità di gestione aziendale avanzata e, almeno in fase iniziale, costi gestionali di una certa entità.
2. I risultati nazionali e regionali del Monitoraggio sull'applicazione del D.Lgs. 626 nelle imprese, a distanza di dieci anni dalla sua nascita, hanno mostrato che le ditte con meno di 50 addetti incontrano maggiori difficoltà nel fare sicurezza sul lavoro. Ovvio conseguenza è che nelle realtà produttive di queste dimensioni il fenomeno infortunistico, inteso in senso lato, ovvero considerando anche l'insorgenza di malattie professionali, è di solito preoccupante.
3. La precedente affermazione è particolarmente vera per il territorio controllato dalla ASL di Forlì, fortemente caratterizzato dalla presenza di piccole imprese (entità, avuto riguardo al solo numero di lavoratori e non al fatturato, aventi meno di 50 occupati) e micro imprese (entità aventi meno di 10 occupati).
4. L'implementazione dei SGSL si è rilevata essere un valido strumento di contrasto del fenomeno infortunistico e, più in generale, di miglioramento delle condizioni di sicurezza sul lavoro. Sorvolando, poi, su altri utili effetti riscontrabili in seno all'organizzazione aziendale.
5. L'implementazione di un SGSL richiede, dunque, l'impegno di risorse economiche ed umane. Queste ultime, poi, debbono essere opportunamente formate, sia in termini di conoscenza della normativa sulla sicurezza, sia in termini di conoscenza specifica dell'articolazione di un sistema di gestione.

## 2. GENESI DEL MODELLO SGS

Dalla sovrapposizione delle considerazioni su esposte, alcune apparentemente inconciliabili fra di loro, con la spinta cogente dell'esigenza di far fronte alle criticità delle piccole imprese (in particolare, quelle dai 10 ai 30 addetti circa), l'Unità Operativa Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro (UOPSAL) dell'AUSL di Forlì ha maturato l'idea di creare un modello di SGSL semplificato, studiato ad hoc per le piccole imprese.

Prendendo come riferimento le "Linee guida per un Sistema di gestione della Salute e Sicurezza sul Lavoro", predisposto da ISPESL, UNI e INAIL nel 2001, sulla scia di analoga iniziativa portata avanti nella regione Veneto, volta però ad aziende di medie dimensioni, l'UOPSAL di Forlì ha elaborato, nel 2005, una bozza di modello di SGSL semplificato.

La bozza di cui sopra è stata sottoposta all'attenzione da un composito Gruppo di Lavoro, costituito per l'occasione, formato da rappresentanti di organizzazioni sia pubbliche che private del territorio forlivese (UOPSAL, Confindustria, CNA, Confartigianato, Lega Cooperative, API, CGIL, CISL, UIL, RLST presso OPTA), oltre all'INAIL. Per quanto riguarda l'INAIL, il coinvolgimento è stato per gradi, nel senso che si è partiti dalla Sede provinciale di Forlì per arrivare alla Direzione Regionale. Quest'ultima, poi, ha coinvolto ben quattro ingegneri della CONTARP regionale, i

quali, con apporti temporali diversi, hanno garantito una presenza costante e qualificata nel Gruppo di lavoro. Ciò a riprova dell'interesse mostrato dall'Istituto all'iniziativa, a cui ha creduto fin dall'inizio. Oltre alla partecipazione attiva, il sostegno dell'Istituto si è concretizzato anche con agevolazioni di tipo economico, concesse alle aziende coinvolte nel progetto.

La bozza proposta e messa a disposizione dall'UOPSAL è stato il fondamentale strumento di lavoro. Essa è stata vagliata, studiata e, complessivamente, rielaborata nel corso di numerosi incontri (14 solo quelli verbalizzati), protrattisi per circa un anno (quasi l'intero 2006), sempre intensi e, spesso, conflittuali, fosse anche per l'individuazione di una sola frase, o di una parola, accettata da tutte le parti. Alla fine, però, è stato prodotto un documento pienamente condiviso da tutti, che potesse garantire, nel rispetto dei diversi ruoli svolti in seno alle aziende e delle diverse funzioni rivestite dai partecipanti, il raggiungimento dell'obiettivo comune: la salvaguardia della salute dei lavoratori.

Il documento approvato nasce, comunque, come sperimentale, perché era chiaro fin dall'inizio che fondamentali sarebbero stati gli esiti della sua applicazione concreta su un numero ristretto e selezionato di aziende campione. Solo dopo la sperimentazione sul campo poteva nascere il modello definitivo, da diffondere a tutte le altre imprese interessate, sia del territorio forlivese sia di tutta la regione. Ovviamente, nulla esclude una futura diffusione più ampia ancora. Se questo accadrà, vorrà dire che si è lavorato bene e che si è colmata una lacuna: la possibilità di diffondere la cultura della sicurezza nelle piccole realtà imprenditoriali, con l'ausilio di uno strumento calibrato per la particolare dimensione aziendale ridotta.

### 3. ATTUAZIONE DEL MODELLO

All'approssimarsi della stesura del modello da utilizzare sul campo, con l'aiuto delle rappresentanze datoriali coinvolte nei lavori, si sono "arruolate" le imprese che, volontariamente, si sono proposte a far da cavie alla sperimentazione.

Prima di procedere alla chiamata nominativa delle aziende, si sono individuati dei criteri da rispettare. Al fine di realizzare una efficace sperimentazione, si è ritenuto che:

- il numero di queste imprese doveva essere compreso fra 10 e 20;
- la loro dimensione ideale doveva essere compresa fra i 10 e i 30 lavoratori;
- il settore preferenziale di appartenenza doveva essere quello metalmeccanico, poiché i dati statistici lo evidenziavano come quello più colpito dal fenomeno infortunistico.

Si era convenuto, a priori, di escludere dalla sperimentazione aziende del settore edilizio, essendo queste caratterizzate da problematiche talmente specifiche da non poter essere considerato un terreno propizio per la fase di messa a punto del modello. Ciò, però, non vuole assolutamente dire che il modello definitivo non sia esportabile al settore edilizio dove, come ben noto, ce n'è un gran bisogno.

Le aziende inizialmente interessate erano una ventina. Sulla scorta dei criteri individuati, si è arrivati ad individuare 16 aziende, ridotte alla fine a 15, a causa di un'inefficienza dell'ultimo momento. Il quadro sintetico che le connota è il seguente:

- 8 aziende metal meccaniche, il cui numero di addetti va da 14 a 60 ;
- 3 aziende chimiche, da 26 a 55 addetti ;
- 3 aziende impiantistiche, da 24 a 60 addetti;
- 1 azienda alimentare, di 60 addetti.

Rispetto a quanto ci si era prefissati, si è deciso di derogare sul numero massimo di addetti, allargando la rosa delle aziende pilota anche ad aziende con un numero di addetti superiore a 30 unità. In tal modo si è riusciti ad ottenere un numero complessivo ottimale per condurre la sperimentazione, per nulla inficiata da una dimensione superiore alle ipotesi iniziali.

Alle imprese aderenti sono stati richiesti una serie di impegni:

- coinvolgere i lavoratori (e i loro, eventuali, usuali consulenti);
- attuare e usare il modello di SGS per almeno un anno;
- partecipare momenti formativi gratuiti sull'SGS (alla fine sono stati due);

- accettare la consulenza dei tecnici INAIL e/o l'assistenza dell'AUSL, entrambe gratuite, per la corretta attuazione del SGS;
- collaborare, e permettere che fossero effettuate verifiche per valutare la bontà dell'SGS.

Di contro, alle Ditte è stato offerto:

- il Modello di SGS, in maniera del tutto gratuita;
- accesso alla riduzione del 10 % del tasso dei premi pagati annualmente all'INAIL (tramite la sola indicazione, sull'apposito Modulo previsto per l'applicazione dell'art. 24 delle Modalità di Applicazione della Tariffa dei premi, di aver implementato il SGS);
- formazione e assistenza gratuite da parte AUSL ed INAIL;
- consulenza gratuita dall'INAIL (anche, e soprattutto, in azienda);
- considerazione "positiva" da parte dell'UOPSAL nei suoi piani di vigilanza.

Ed inoltre, la concreta prospettiva di avere:

- personale più responsabile;
- personale più preparato;
- prevedibili risparmi economici sulla sicurezza (a medio – lungo termine);
- maggiore aderenza nei confronti degli adempimenti previsti dalla normativa vigente sulla sicurezza sul lavoro.

Il passaggio successivo è stata l'ulteriore "ufficializzazione" del progetto, con la firma di un Protocollo d'Intesa da parte di tutti i soggetti coinvolti (ben 17 tra Enti, Organizzazioni e Sindacati), sotto l'egida della Provincia di Forlì Cesena, cerimonia svoltasi in data 7 febbraio 2007, presso il palazzo della Provincia.

Subito dopo, si è passati all'attuazione di quanto programmato e preparato. Il ruolo preponderante, in questa fase, è stato giocata dalle imprese, singolarmente. Hanno avuto modo, così, di mettere in atto tutto ciò che fino allora era stato teoria. L'avvio non è stato uguale per tutti, perché le forze da utilizzare e le esperienze pregresse in tema di coinvolgimento del personale ai temi della sicurezza non erano uniformi.

Queste diversità sono emerse quando si è svolto il primo audit, ovvero la verifica intermedia, iniziato nel mese di giugno 2007 e conclusosi nel successivo mese di settembre. L'audit è stato effettuato dai tecnici dell'UOPSAL, che si sono occupati di tutte le verifiche (soprattutto documentali e testimoniali) che non richiedevano l'accesso nei reparti produttivi. Le verifiche in questi ultimi sono state condotte dai due Ingegneri INAIL rimasti per affrontare la fase conclusiva. In questo modo, si è rimasti perfettamente negli ambiti corrispondenti ai diversi ruoli, senza "invasioni di campo".

Il primo audit è stato importante, in quanto è stata l'occasione per correggere la rotta ove c'erano derive o per dare una spinta, ove le aziende non erano andate avanti secondo i tempi ipotizzati inizialmente.

Il secondo audit, quello finale, è stato condotto con un paio di mesi di ritardo rispetto al previsto ed ha visto in campo per l'UOPSAL un numero doppio di tecnici, impegnati ora con una mole documentale di tutto rispetto, e dagli stessi due ingegneri INAIL. Il ritardo, alla fine, si è rilevato essere molto utile per le aziende che inizialmente erano più in difficoltà, poiché così hanno avuto modo di recuperare i ritardi maturati nella prima fase.

Più in particolare, entrambi gli audit hanno previsto: interviste ai Datori di lavoro, ai RSPP, ai RLS, ai Referenti SGSL, ai Medici Competenti, ad una rappresentanza di preposti e di lavoratori, oltre ai sopralluoghi nei reparti produttivi. Il dettaglio è riportato nella seguente Tabella 1.

**Tabella 1: Audit**

ASPETTI VERIFICATI - RILEVATI	COME	DA CHI
1) Conoscenza della ditta		
n. lavoratori, organizzazione, produzione, ecc.	Interviste + analisi doc.	AUSL
2) Applicazione SGS		
stato di applicazione del modello	Interviste + analisi doc.	AUSL
stime economiche (costi per la sicurezza)	Analisi doc.	AUSL
giudizio sul Modello SGS	Interviste	AUSL
3) Efficacia		
andamento infortuni Pre-Post	Analisi doc. (in corso)	AUSL
rischio (macchine, ambienti, ecc.) Pre-Post	Sopralluogo	INAIL
relazioni aziendali Pre-Post	Interviste	AUSL
sensibilità per la sicurezza Pre-Post	Interviste AUSL	AUSL
4) Elementi confondenti		
crisi, espansione, cambiamenti... Pre-Post	Interviste	AUSL

I risultati definitivi sono ancora in corso di elaborazione, ma già è emerso chiaramente che al Modello SGS testato dalle aziende occorrerà, sempre in maniera condivisa, apportare alcune correzioni, che renderanno ancora più snello e fruibile il Modello definitivo. Il Modello, poi, dovrà essere rivisto in quelle parti in cui i riferimenti normativi sono, nel frattempo, cambiati (soprattutto per l'entrata in vigore della Legge 123/07 e del D.Lgs. 81/08).

A proposito del recente D.Lgs. 81/08, è importante rilevare come esso, relativamente all'art. 30 (Modelli di organizzazione e di gestione) sia stato, in molti dei suoi punti, "anticipato" proprio da questa esperienza. Di qui l'ulteriore valenza dell'adozione di questo SGS.

#### 4. ASPETTI TECNICI

Il Modello è stato concepito come uno strumento agile e flessibile, del tipo "chiavi in mano", per facilitare al massimo il lavoro del Datore di Lavoro, il quale dovrà, a regime solamente assegnare i compiti alle varie figure aziendali. E' composto da sette "procedure":

- Procedura "SP1-P Sistema di Gestione della Sicurezza Obiettivi, Organizzazione e Riesame", con 9 moduli.
- Procedura "SP2-P Valutazione dei Rischi", con 8 moduli.
- Procedura "SP3-P Risorse strumentali" (ossia macchine, impianti, ecc.), con 5 moduli.
- Procedura "SP4-P Dispositivi di Protezione Individuali", con 4 moduli.
- Procedura "SP5-P Informazione, Formazione, Addestramento, Comunicazione, Riunione periodica", con 4 moduli.
- Procedura (prospetto) "SP6-P Sorveglianza Sanitaria", con 2 moduli.
- Procedura "SP7-P Appalti", con 4 moduli.

Ogni procedura è descritta in un documento di non più di tre facciate, che riporta le istruzioni per metterla in atto; inoltre è corredata da moduli già predisposti e check-list, per poterla utilizzare col minimo sforzo di adattamento alla realtà dell'impresa.

Il Modello prevede che ogni anno venga verificato lo stato della sicurezza aziendale e vengano definiti espliciti obiettivi.

Il Modello non richiede “Certificazioni” e cerca di monitorare anche i costi.

Il Modello non tratta i seguenti temi:

- radiazioni ionizzanti
- rischio amianto
- gestione emergenze (come procedura a se stante)
- gestione incidenti e infortuni (come procedura a se stante)
- gestione ambienti di lavoro (come procedura a se stante)
- gestione sostanze chimiche (come procedura a se stante)

Durante gli audit ci si è serviti, sia da parte AUSL che da parte INAIL, di modulistica appositamente predisposta, in parte originale ed in parte frutto di rielaborazione di materiale di fonte INAIL. Essa consta sia di moduli atti a raccogliere informazioni generali sull’azienda (dati anagrafici, incarichi per la prevenzione e caratteristiche degli incaricati, dati infortunistici, ecc.), sia di moduli atti a raccogliere informazioni su tutti gli aspetti della sicurezza in azienda secondo i punti di vista di tutti gli attori (Datore di Lavoro, RSPP, RLS, operai, ecc.). Oltre a questi moduli sono state utilizzate anche delle check-list.

Per ogni risposta o serie di risposte è previsto un punteggio, la cui elaborazione serve a dare un giudizio finale complessivo sul SGS e, come in tutti i Sistemi di Gestione, serve ad evidenziare le “non conformità” riscontrate. La successiva risoluzione di queste darà l’avvio al ciclo virtuoso di ogni SGSL ben interpretato ed applicato.

## 5. RISULTATI

L’accettabilità, la sostenibilità e l’impatto del modello sull’organizzazione sono stati valutati con indicatori oggettivi (percentuale di procedure e moduli utilizzati, definizione di responsabilità ai fini della sicurezza, collaborazione del Medico Competente, numero incontri sulla sicurezza, obiettivi di miglioramento definiti e raggiunti) e indicatori soggettivi, rilevati mediante interviste strutturate ai diversi soggetti aziendali. Molti di questi possono essere considerati anche indicatori di efficacia. Ai responsabili dell’applicazione del modello è stato chiesto di valutare l’utilità e la facilità di implementazione di ogni procedura, modulo e check-list, assegnando un punteggio da 0 (inutile, molto difficile) a 5 (molto utile, molto facile). Ai diversi soggetti aziendali (Datori di lavoro, RSPP, MC, RLS) è stato inoltre chiesto un giudizio sulle criticità, gli aspetti positivi e la sostenibilità economica del modello.

La Tabella 2 mostra per le procedure, i moduli e le ceck-list la percentuale media delle aziende che le hanno utilizzate ed il voto medio assegnato dal responsabile del sistema alla facilità d’uso ed all’utilità.

**Tabella 2:** Indicatori di accettabilità e sostenibilità del modello

	<b>% media d’uso</b>	<b>Voto medio facilità</b>	<b>Voto medio utilità</b>
<b>Procedure</b>	77%	3,3	4,9
<b>Moduli operativi</b>	70%	4,6	4,6
<b>Check list di verifica</b>	52%	4,9	5

Le procedure giudicate più difficili da usare, anche se molto utili, sono: “Valutazione del rischio” (voto 1,5), “Gestione risorse strumentali” (voto 2,5) e “Gestione informazione e formazione” (voto 2,7). Quanto all’impatto che l’implementazione del modello di SGSL ha avuto sull’organizzazione aziendale della sicurezza è importante che:

- a) nelle quattro ditte che ne erano prive i lavoratori hanno eletto il RLS;
- b) in 7 aziende è stato incrementato il numero degli addetti alle emergenze;

- c) le aziende che hanno esplicitato gli incarichi interni sulla sicurezza sono passate da 1 a 9;
- d) la collaborazione del MC per la valutazione dei rischi e la formazione è aumentata in 5 sulle 9 aziende in cui era insoddisfacente;
- e) il numero annuale di incontri sulla sicurezza con i lavoratori è aumentato in 9 su 15 ditte, passando in media da 2,9 a 3,4;
- f) gli obiettivi di prevenzione pianificati sono stati in media 4,7 per azienda e sono stati raggiunti in maniera completa nel 50% dei casi.

Le principali criticità segnalate sono la difficoltà di sperimentazione nei cantieri, l'impiego di risorse, la complessità di alcune procedure. Come aspetti positivi viene segnalato che il modello sensibilizza ed aumenta la partecipazione dei lavoratori, guida in modo ordinato l'applicazione della sicurezza, responsabilizza nel raggiungimento degli obiettivi. E' stato suggerita l'integrazione con le procedure della qualità, la definizione di un percorso applicativo a *step* successivi e la ulteriore semplificazione di alcune procedure. Tutti i soggetti intervistati hanno affermato che ripeterebbero l'esperienza. Sulla sostenibilità economica del modello si è espressa solo una azienda, valutando che i costi dell'applicazione dello stesso sono coperti dallo sconto sui premi INAIL.

## 6. DISCUSSIONE

Un importante limite della sperimentazione sta nel fatto che le aziende partecipanti avevano una cultura organizzativa superiore alla media, come dimostrato dal fatto che la maggior parte era già dotata di sistemi di gestione della qualità. Nonostante questo, riteniamo che lo studio dimostri che anche le piccole aziende possono dotarsi di un SGSL, se vengono proposti modelli semplici e operativi e se sono convenientemente assistite. Il modello proposto ha un impatto sensibile sull'organizzazione aziendale per modifiche richieste e risorse dedicate, ma i benefici del cambiamento sono comunque giudicati superiori agli oneri. In particolare è stata sottolineata da tutti l'importanza di un aumento della partecipazione dei lavoratori. Riteniamo che per il successo della sperimentazione siano stati decisivi il coinvolgimento delle parti sociali e l'offerta di formazione e assistenza gratuita da parte di AUSL e INAIL. Perciò, in previsione di una diffusione del modello, è fondamentale programmare iniziative formative, rivolte agli operatori della prevenzione pubblici e privati, e finalizzate ad implementare le competenze necessarie per assistere le aziende interessate all'adozione di un SGSL.

## 7. CONCLUSIONI

I primi dati mostrano che il Modello si è rivelato utile, innanzi tutto, per guidare le ditte nell'applicazione corretta delle leggi, perché spesso, soprattutto nelle aziende più piccole, la corretta applicazione delle leggi non è sempre agevole. Si è riscontrata, poi, l'utilità del Modello a coinvolgere e responsabilizzare tutte le componenti aziendali e a gestire la sicurezza in maniera sistematica e stabile, avendo sotto controllo "visivo" i vari adempimenti e le scadenze correlate. Dall'analisi dei dati emerge, inoltre, che il Modello è stato utilizzato in media per una percentuale pari al 73%, e che le aziende hanno trovato più facile l'utilizzo dei moduli che non delle singole procedure. Infine, le interviste condotte tra i vari attori della sicurezza (DDL, RSPP, RLS, MC, referente SGS) evidenziano gli aspetti seguenti.

- Tra le criticità: la necessità di prevedere un tempo dedicato per l'utilizzo del sistema e quindi, almeno una risorsa dedicata a tempo pieno (o quasi); ove già esiste, la necessaria integrazione con il sistema Qualità, al fine di evitare duplicazioni di adempimenti; una certa complessità strutturale.
- Unanime è invece il giudizio in termini positivi circa il coinvolgimento di tutti e la sensibilizzazione, oltre che sulla validità di uno strumento che consente una puntuale organizzazione della sicurezza, affidando ruoli e responsabilità ("chi fa cosa") e avendo modo di controllarne l'operato.
- La possibilità di accedere allo sconto sull'ammontare del premio da pagare all'INAIL, tra l'altro, con procedura semplificata.

I prossimi sviluppi, sulla scorta di queste prime impressioni e a seguito dell'esperienza maturata sul campo, prevedono dunque:

- un'ulteriore semplificazione del Modello stesso;
- la possibilità di integrazione con il Sistema Qualità;
- un adeguamento ai contenuti di cui all'art.30, del D.Lgs. 81/08;
- l'estensione sul territorio nazionale

L'adozione del modello costituirà elemento qualificante per l'accesso agli sconti sul premio INAIL e per i finanziamenti Inail per la sicurezza, anche alla luce dell'art.11 del D.Lgs. 81/08 sulla Sicurezza e salute nei luoghi di lavoro.

## **BIBLIOGRAFIA**

**AA.VV.**, 2003: Rapporto conclusivo del progetto di monitoraggio e controllo dell'applicazione del D.Lgs. 626/94, Agenzia Sanitaria Regionale, Bologna

**ILO – OSHMS**, 2001: Guidelines, Ginevra

**BSI, OHSAS 18001:1999**: Occupational health and safety management systems - Specification, London

**UNI-INAIL**, 2001: Linee guida per un Sistema di Gestione della Salute e della Sicurezza sul Lavoro (SGSL), Milano

# **VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AD AMIANTO NATURALE DEGLI ADDETTI ALL'ESTRAZIONE E LAVORAZIONE DEL "SERPENTINO DELLA VAL MALENCO": UN ESEMPIO DI CONSULENZA RESA ALLE AZIENDE DEL TERRITORIO**

B. RIMOLDI<sup>1</sup>, A. CAVALLO<sup>2</sup>, E. BARBASSA<sup>1</sup>, A. GUERCIO<sup>3</sup>, G. MARENA<sup>1</sup>, S. MASSERA<sup>3</sup>,  
F. PISANELLI<sup>1</sup>, P. SANTUCCIU<sup>1</sup>, L. TRIPI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INAIL – Direzione Regionale Lombardia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>Università degli Studi Milano-Bicocca

<sup>3</sup>INAIL – Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

Il Serpentino della Valmalenco è una pietra ornamentale utilizzata in edilizia e nell'arredamento fin dal secolo scorso; pur permanendo il carattere artigianale, alcune aziende, negli anni passati, hanno sviluppato la propria attività a livello industriale. Alcune cave intersecano i tracciati delle vecchie miniere di amianto attive fino agli anni '70, con filoni di crisotilo, da centimetrici a decimetrici in affioramento, che costituiscono le vie preferenziali per la coltivazione del serpentino.

Dal 2004 ad oggi, la Contarp della Direzione Regionale per la Lombardia - supportata dalla Contarp Centrale e dall'Università di Milano-Bicocca - ha condotto estese campagne di monitoraggio sia in cava che nei laboratori di trasformazione del lapideo al fine di valutare l'esposizione professionale ad amianto dei differenti gruppi di lavoratori.

I risultati ottenuti costituiscono uno strumento indispensabile per i provvedimenti degli Organi di Controllo e la base tecnico-scientifica delle azioni prevenzionali pianificate nell'ambito dell'Accordo Operativo INAIL-Regione Lombardia per la sicurezza nel settore estrattivo.

## **SUMMARY**

The Malenco Serpentinite is a dimension stone used in building and urban décor since the last century. Even though the great number of the manufacturing firms have a craftsmanlike nature, some of them developed their activities on industrial level in the last years.

Some serpentinite quarries cross some tunnels of the old chrysotile asbestos mines, active until the seventies. The chrysotile veins (some cm in thickness) are concentrated along the main fractures that at present time "guide" the serpentinite extraction.

From 2004 to nowadays, the Contarp of the Regional Management of Lombardia – supported by the Central Contarp with the collaboration of University of Milano-Bicocca – carried out extensive monitoring campaigns both in quarries and in manufacturing laboratories, in order to evaluate the occupational airborne asbestos exposure of the different workers' groups.

The collected results represent an essential tool for the actions of the surveillance authorities and the technical and scientific basis for preventive measures, in the context of the Operative Agreement INAIL – Regione Lombardia for occupational health and safety of the mining industry.

## **1. INTRODUZIONE**

Il Serpentino della Valmalenco è una pietra ornamentale e da costruzione utilizzata in edilizia e nell'arredamento sin dal 1300. A partire dal 1800 comincia a diffondersi ampiamente nel Nord Italia ed in Svizzera, e dalla tradizionale coltivazione in sotterraneo si è passati progressivamente nel 1900 alla moderna coltivazione a cielo aperto. Attualmente l'estrazione e la lavorazione di questa pietra è condotta localmente da aziende che per la maggior parte sono di carattere artigianale, costituite da pochissimi addetti (soprattutto per la lavorazione dello scisto); solo alcune, nel tempo, si sono evolute in strutture a livello industriale.

Il Serpentino della Valmalenco, coltivato sia nella varietà scistosa (Serpentinoscisto) che in quella massiccia (“Serpentino massiccio” o da taglio) deriva dal punto di vista geologico dalla falda Malenco (indicata frequentemente in letteratura ed in cartografia come “*Serpentiniti della Val Malenco*”, oppure come “*unità Malenco*”), inizialmente interpretata come una sutura ofiolitica. Composta prevalentemente da rocce ultramafiche (abbondanti serpentiniti e subordinate peridotiti), è considerata di età Mesozoica. Studi più recenti hanno invece dimostrato che la zona occidentale della Val Malenco permette di osservare direttamente la transizione dal mantello superiore sotto-continentale alla crosta continentale inferiore (Münterer & Hermann, 1996). Le serpentiniti oggetto di coltivazione sono costituite principalmente dal minerale serpentino, in particolare dal polimorfo lamellare antigorite; subordinatamente, si rinvencono quantità variabili di olivina, clinopirosseno, clorite e magnetite. Localmente si rinvencono nell’ammasso roccioso fratture e vene mineralizzate a serpentino fibroso (figura 1, polimorfo crisotilo), soprattutto nell’area Valbrutta - Campo Frasca: queste vene, associate ad un importante sistema di fratturazione, sono conosciute da parecchio tempo e sono state oggetto di estrazione (amianto a fibra lunga) fino alla fine degli anni ’70. Essendo le cave della suddetta area ubicate spesso in corrispondenza dei vecchi lavori minerari, è frequente l’intercettazione di vene di crisotilo durante i lavori di cava.

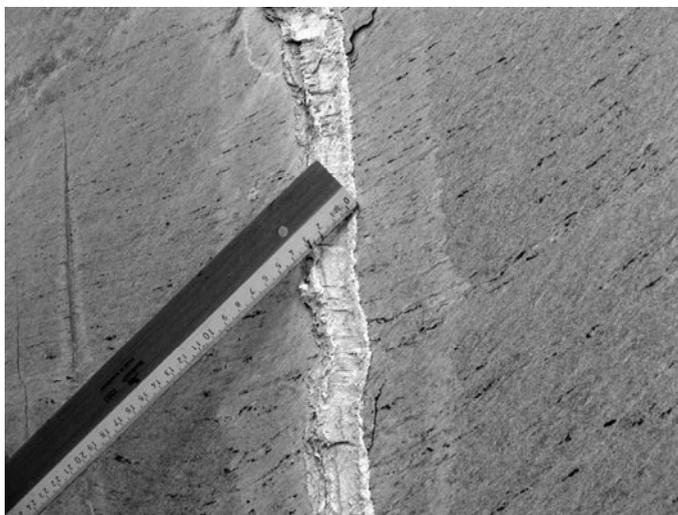


Figura 1: esempio di vena a crisotilo cross-fiber con relativa salbande di alterazione idrotermale.

Non essendo noti i rischi di esposizione dei lavoratori durante le operazioni di perforazione, di sparo, di movimentazione e di lavorazione la CONTARP DR Lombardia dal 2005 ha creato una rete di sinergie con Regione Lombardia, Università e Datori di Lavoro per la pianificazione ed organizzazione dell’attività di valutazione dell’esposizione dei lavoratori del serpentino.

La base fondamentale dello studio è stata la collaborazione dapprima informale poi suggellata da apposita Convenzione (con finanziamento INAIL) con l’Università degli Studi di Milano-Bicocca, Dip. di Scienze Geologiche e Geotecnologie.

Dal 2005 ad oggi, Professionisti e Tecnici hanno condotto estese campagne di monitoraggio nelle cave di alta montagna e nei laboratori di trasformazione del lapideo, raccogliendo ed analizzando più di 500 campioni, al fine di valutare l’esposizione professionale ad amianto dei differenti gruppi di lavoratori (Cavallo *et al.*, 2004; Cavallo & Rimoldi, 2005; Cavallo *et al.*, 2005; Cavallo *et al.*, 2006).

## 2. MATERIALI E METODI

Considerando che le mineralizzazioni a crisotilo si riscontrano lungo le principali fratture e discontinuità dell'ammasso roccioso, è stato eseguito un rilievo geomeccanico di dettaglio nelle varie cave di Serpentino. Dei principali sistemi di discontinuità è stata valutata la spaziatura, la persistenza lineare, l'ondulazione, l'alterazione, l'apertura ed in particolare il riempimento, con il preciso scopo di segnalare e quantificare eventuali mineralizzazioni ad amianto. Sono stati inoltre prelevati dei campioni rappresentativi di tutti i minerali fibrosi e non riscontrati lungo le discontinuità, da sottoporre successivamente ad analisi diffrattometriche a raggi X, microscopia ottica in luce trasmessa e riflessa ed in microscopia elettronica a scansione (SEM) associata alla microanalisi in dispersione di energia (EDS), per una sicura identificazione mineralogica.

Le indagini mineralogiche sui campioni massivi privi di patine e mineralizzazioni hanno evidenziato l'assenza di minerali asbestiformi. Numerosi i minerali riscontrati lungo le discontinuità: abbondanti carbonati (calcite, dolomite), clorite, talco, lizardite e crisotilo. Il crisotilo è quindi concentrato solo ed esclusivamente sotto forma di sottili "spalmature" millimetriche lungo le principali fratture, o in lenticelle (solitamente di spessore inferiore al centimetro) con ridotta persistenza lineare.

Dal 2005 al 2008 sono state realizzate 4 importanti campagne di prelievo di amianto aerodisperso, secondo le metodiche di legge recepite nel D.Lgs. 81/08 Titolo IX capo III.

Le indagini sono state eseguite nelle cave ad alta quota e nei laboratori delle aziende i cui giacimenti ricadono nelle aree caratterizzate da maggior concentrazione di filoni mineralizzati ad amianto (Valbrutta e Dossi di Francisa): si tratta di 3 imprese, ognuna delle quali coltiva uno o più fronti nelle 2 aree sopraccitate, e che nei propri laboratori lavora anche serpentino proveniente da giacimenti con scarsa o nulla contaminazione, oltrechè altri litotipi (gneiss).

Nelle cave sono state monitorate le figure degli addetti al taglio a filo, alla perforazione ad acqua ed a secco, alla movimentazione con mezzi meccanici. Nei laboratori sono state monitorate le principali mansioni delle aree di taglio blocchi (telai, riquadratura, tagliablocchi), lavorazione e finitura lastre e prodotti particolari (stufe).

Sono stati raccolti 205 campioni per Microscopia Elettronica Scansione (SEM) e Microscopia Ottica in Contrasto di Fase (MOCF); ogni campionamento è stato eseguito in doppio, in modo da ottenere sempre un campione per la MOCF ed uno per il SEM. I conteggi delle fibre sono stati eseguiti nei laboratori di microscopia della CONTARP Centrale secondo le metodiche dettate dal DM 6/9/1994 integrate dalle indicazioni della norma ISO 14966. Alcuni filtri che presentavano peculiarità interpretative sono stati ri-esaminati al SEM dell'UNIMIB.

La valutazione dell'esposizione professionale all'amianto in tali attività presenta alcune criticità legate sia ad aspetti prettamente normativi che tecnico-analitici. Le rocce coltivate nel comprensorio in esame contengono numerose forme minerali fibrose; questa situazione, peraltro riscontrabile in altri siti analoghi, comporta difficoltà di discriminazione tra forme disciplinate dalla normativa specifica e forme "inerti". Nel caso in esame, in particolare, si pone l'attenzione alla discriminazione tra forme fibrose (crisotilo) e lamellari del serpentino (antigorite e lizardite). Dal punto di vista del metodo WHO 1997 tale discriminazione appare un aspetto puramente formale in quanto le particelle di antigorite che assumono le caratteristiche dimensionali delle fibre normate ( $L > 5 \mu\text{m}$ ,  $D < 3 \mu\text{m}$ ,  $L/D > 3$ ) devono essere conteggiate, a tutti gli effetti, nel novero delle fibre di amianto. La medesima problematica era stata affrontata da ARPA Emilia-Romagna (2004) nel "Progetto Regionale Pietre Verdi", conteggiando separatamente in SEM (secondo la metodica del DM 6/9/94) le fibre regolamentate di crisotilo e le lamelle regolamentate di serpentino. EPA, NIOSH ed altri importanti enti americani (EPA, 2006) concordano sulla necessità di includere, pur riconoscendone la diversità, nei conteggi delle fibre aerodisperse anche i *cleavage fragments*, ovvero gli elementi appartenenti alle forme non fibrose delle famiglie del serpentino e degli anfiboli che si sfaldano secondo specifici piani cristallografici e che diventano così "contabili" (respirabili) dal punto di vista morfologico.

Nei filtri esaminati si distinguono due diverse tipologie di fibre "respirabili". La prima tipologia presenta morfologia tabulare che deriva dalla frantumazione di un minerale a struttura lamellare, le fibre del secondo tipo hanno morfologia tipica del crisotilo.

Le indagini in SEM permettono di affermare che circa il 40% di queste particelle derivano da varietà fibrose mentre le altre sembrano derivare dalla comminazione di varietà tabulari. Le ridotte dimensioni delle fibre di crisotilo hanno reso difficile una correlazione tra i risultati ottenuti in SEM e quelli ottenuti in MOCF suggerendo l'adozione più frequente della prima tecnica per le indagini su questa tipologia di attività e materiale.

Le peculiarità qui esposte sono tipiche solo della valutazione dell'esposizione ad amianto dei lavoratori di un tipo particolare di lapideo, le Pietre Verdi riconosciute tali anche a livello normativo; le metodiche di campionamento ed analisi sperimentate ed affinate nel corso di questi anni confluiranno in uno specifico Protocollo d'Indagine quale risultato delle attività di un Gruppo di Lavoro multidisciplinare (INAIL, Regione Lombardia ed Emilia-Romagna, ASL, Università) costituito nell'ambito dell'Accordo Operativo, come di seguito illustrato.

I risultati dei campionamenti sono stati presentati nel corso degli anni ai Datori di Lavoro in specifici incontri organizzati da INAIL con Regione ed Organi di Controllo territoriali.

### 3. RISULTATI

#### 3.1 I dati di fatto

Il quadro complessivo mostra una situazione di inquinamento medio-basso degli ambienti di lavoro (concentrazioni di fibre variabili da poche unità a qualche decina di fibre/litro, comunque inferiori alla metà del TLV); occasionalmente compaiono picchi di concentrazione di crisotilo aerodisperso (superiori a  $0,1 \text{ ff/cm}^3$ ), in situazioni lavorative completamente diverse, apparentemente non collegati tra loro.

L'evidenza fondamentale che emerge dai risultati è che l'inquinamento nasce in cava e si propaga nei laboratori, dove l'amianto arriva con i blocchi non correttamente riquadrati e asbesto-contaminati. In realtà, il blocco dovrebbe essere già estratto privo di superfici e/o patine mineralizzate, e poter lasciare la cava solo dopo aver passato uno stretto controllo qualità (come già richiesto nel DM 14/5/96). Invece, nei piazzali di deposito dei laboratori sono presenti bancali di lastre così come uscite dai telai con ancora adese patine di spessore anche centimetrico con evidente mineralizzazione a crisotilo ( $> 10-12\%$  della superficie esterna) - figura 2.

#### 3.2 La normativa

Gli interventi di estrazione e l'uso di pietre verdi, nonché gli interventi di bonifica dei materiali costituiti da pietre verdi contenenti amianto devono essere attuati in base ai criteri riportati in allegato 4 del DM 14/5/96.



Figura 2: blocco di serpentinite massiccia dopo segazione a telaio. Si notino le sottili "spalmature" mineralizzate a crisotilo cross-fiber e calcite. .

Tale allegato contiene i criteri relativi alla classificazione ed all'utilizzo delle "pietre verdi" in funzione del loro contenuto di amianto, ivi comprese le serpentiniti. Per una corretta definizione dei controlli da eseguire sulle pietre verdi al fine di un loro utilizzo come rocce ornamentali o come inerti sono indicati due criteri generali:

- a - valutazione del contenuto di amianto nel giacimento e controlli durante l'attività estrattiva
- b - valutazione del contenuto di amianto nei materiali estratti

Al punto B2, specifico per i materiali in lastre, viene indicato che gli Organi Territoriali di Vigilanza dovranno effettuare periodicamente prelievi di aerodisperso dall'ambiente di lavoro per verificare eventuale rilascio di fibre di amianto durante le attività di taglio.

Con la legge Regionale n.14 del 8/8/1998 sono delegate alle Province le funzioni di vigilanza e quelle amministrative inerenti all'applicazione delle norme di polizia delle cave e torbiere (tra cui il D.Lgs. 624/96). Il D.Lgs. 81/08 art. 13 comma 1 decreta che la vigilanza sull'applicazione della legislazione in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro e' svolta dalla azienda sanitaria locale competente per territorio e, per quanto di specifica competenza, dal Corpo nazionale dei vigili del fuoco, nonché per il settore minerario, fino all'effettiva attuazione del trasferimento di competenze da adottarsi ai sensi del decreto legislativo 30 luglio 1999, n. 300, e successive modificazioni, dal Ministero dello sviluppo economico, e per le industrie estrattive di seconda categoria e le acque minerali e termali dalle regioni e province autonome di Trento e di Bolzano.

#### 4. CONCLUSIONI

##### **Le azioni**

Nel 2007 INAIL DR per la Lombardia e la Regione Lombardia DG Sanità e DG Qualità dell'Ambiente hanno stipulato un Accordo Operativo per il raggiungimento degli obiettivi comuni della promozione della salute e della sicurezza dei lavoratori del comparto estrattivo. Tra i cinque obiettivi primari dell'Accordo vi è quello specifico per l'Amianto Naturale in Valmalenco.

Il Piano Regionale Amianto della Regione Lombardia (PRAL 2005) prevedeva incisive azioni per ridurre al minimo il rischio di esposizione a fibre dei lavoratori nelle attività estrattive di materiale potenzialmente contenente amianto, nonché per ridurre le emissioni di fibre stesse nell'ambiente esterno. Il comparto maggiormente interessato è quello delle attività di estrazione e lavorazione del serpentino per la produzione di pietre ornamentali e blocchi da scogliera.

Nell'ambito dell'Accordo la Regione, la Provincia di Sondrio, l'INAIL e la ASL collaborano con studi e verifiche che riguardano l'intera filiera dell'estrazione e lavorazione del serpentino, al fine di identificare i valori di esposizione dei lavoratori nelle singole mansioni del ciclo produttivo. La collaborazione verte sui seguenti punti:

- definire le modalità operative per l'individuazione in cava dell'amianto presente in filoni o filoncelli, al fine di valutare la possibilità di condurre l'attività estrattiva nel rispetto delle disposizioni di cui alla legge n. 257/92, al D.M. 14/05/96 ed al D.Lgs. 257/06;
- condurre ulteriori campagne di prelievo di campioni di particolato - in accordo e collaborazione con ASL - nelle segherie dove si lavorano i blocchi di serpentino estratti;
- individuare e validare un protocollo condiviso per il campionamento e l'analisi dell'amianto naturale aerodisperso (nel rispetto della normativa vigente) tramite indagine comparativa tra le tecniche SEM e TEM;
- collaborare nella individuazione delle migliori tecnologie disponibili per la riduzione del rischio dei lavoratori e dell'emissione di fibre all'esterno;
- ricercare le migliori metodologie operative standardizzate di indagine circa la effettiva presenza di fibre nei blocchi estratti ed avviati alla successiva lavorazione;
- identificare le fibre normate presenti negli ammassi rocciosi con verifica, in particolare, della presenza di antigorite fibrosa e di crisotilo e stima delle percentuali relative.

Con le campagne d'indagine possono dirsi realizzati i primi 2 punti della collaborazione, nonché parte dell'ultimo.

Il Piano delle Attività 2009 relativo all'Accordo Operativo prevede azioni atte a risolvere le criticità rilevate nelle campagne di campionamento, e all'individuazione delle migliori tecnologie disponibili per la riduzione del rischio dei lavoratori e dell'emissione di fibre all'esterno, intese come un insieme di misure organizzative, procedurali e tecniche.

Queste si baseranno fondamentalmente sulle Disposizioni emesse in modo congiunto da ASL e Provincia il 22 dicembre 2008, e che predispongono le Buone Pratiche da adottare.

Il D.Lgs. 81/08 individua l'INAIL come parte attiva per le attività prevenzionali di informazione, assistenza, formazione, promozione in materia di sicurezza e salute nei luoghi di lavoro, consulenza alle aziende, in particolare alle PMI, anche attraverso forme di sostegno tecnico e specialistico.

Sulla base di tali funzioni attribuite dalla legislazione vigente, l'INAIL propone alcune linee di azione per implementare il miglioramento delle condizioni di salute e sicurezza dei lavoratori, a partire dalla conoscenza del rischio amianto e delle misure necessarie a contrastarne l'azione, fino a giungere alla consapevolezza che tali misure non consistono solo in interventi tecnici ma anche in un substrato culturale e, di conseguenza, gestionale, organizzativo e comportamentale.

In riferimento agli artt. 257 ("Informazione") e 258 ("Formazione") del D.Lgs. 81/08, saranno realizzate campagne informative attraverso schede-poster per utilizzo diretto da parte del lavoratore, di pronta consultazione direttamente nella postazione lavorativa e riferite a ciascuna attività lavorativa (estrazione, lavorazione), fase di attività (taglio, perforazione, finitura, etc) e macchina (lucidacoste, bocciardatrice, etc), in funzione del rischio da inalazione di polveri e fibre minerali.

Le schede saranno consegnate successivamente all'erogazione del percorso formativo multilivello, rappresentando, da una parte, una sintesi dei concetti impartiti di facile comprensione e di veloce consultazione, dall'altra, un punto di riferimento per l'adozione di comportamenti in sicurezza.

Il progetto formativo multilivello interesserà tutti gli operatori del comparto estrattivo e di lavorazione del serpentino e sarà diversificato nei contenuti e nella tempistica in funzione dei destinatari. Il percorso si articolerà in una formazione generale sul rischio amianto, in cui si descriveranno le misure generali tecniche, organizzative e procedurali per eliminare o ridurre il rischio, nell'intento di aumentarne la conoscenza e la consapevolezza e, successivamente, in una formazione specifica, consistente nella predisposizione di pacchetti specifici per azienda. Quest'ultima fase, i cui punti determinanti saranno basati sull'addestramento e sull'adozione di comportamenti sicuri, sarà tarata su attività, organizzazione e procedure esistenti nelle singole e specifiche realtà lavorative. Essa potrà essere effettuata solo a valle di una fase di acquisizione di informazioni sufficientemente dettagliate per consentire l'individuazione e la risoluzione delle specifiche criticità rilevate durante sopralluoghi, interviste, questionari, etc..

Nel caso di specie, saranno di grande utilità i risultati delle indagini per la valutazione del rischio amianto che hanno evidenziato le aree lavorative in cui gli sforzi e l'attività prevenzionale devono concentrarsi maggiormente, al fine di contribuire a elevare i livelli delle conoscenze per orientare l'impresa verso una logica di sistema e realizzare interventi finalizzati ad elevare i livelli della informazione e delle conoscenze per orientare i comportamenti e le scelte.

Obiettivo imprescindibile delle aziende è la tutela della salute del lavoratore dall'esposizione ad amianto presenti nei luoghi di lavoro con interventi tecnici, garantendo la salubrità dei luoghi di lavoro in termini organizzativi e gestionali.

L'azienda deve essere consapevole che la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori deve essere un obiettivo da perseguire e garantire durante tutte le fasi di vita dell'impianto:

- *progettazione (anche relativamente a reingegnerizzazione e ristrutturazione)*
- *costruzione*
- *normale conduzione ed esercizio*
- *manutenzione ordinaria e straordinaria e pulizia*
- *dismissione,*

avendo ben chiaro che gli interventi devono essere applicati secondo la seguente scala di priorità:

- eliminare il rischio
- ridurre l'esposizione
- isolare il rischio laddove non siano tecnicamente fattibili i precedenti punti.

Esempi di misure organizzative e procedurali generali di prevenzione e protezione possono essere:

- riduzione dei tempi di esposizione di ciascun soggetto
- predisposizione, addestramento, applicazione ed aggiornamento di procedure standardizzate per lo svolgimento di particolari funzioni lavorative
- predisposizione della prescritta segnaletica di pericolo e di salvataggio ove lo richiedano il tipo ed i luoghi di lavoro
- predisposizione, addestramento, applicazione ed aggiornamento di piani aggiornati per la manutenzione preventiva periodica di attrezzature, macchine e impianti e di procedure di sicurezza per gli interventi di emergenza e manutenzione (preventiva, straordinaria ed in caso di guasti)
- predisposizione, addestramento, applicazione ed aggiornamento di pulizia dei prodotti dell'attività.

Esempi di misure tecniche di riduzione del rischio alla fonte, considerando che la sostituzione della materia prima non è possibile, possono essere:

- utilizzo preferenziale di tecnologie idrauliche rispetto alle pneumatiche
- utilizzo preferenziale di tecnologie ad acque rispetto a quelle a secco
- utilizzo di macchine portatili aspirate
- rimozione acque di lavorazione e depurazione di quelle di ricircolo

ma anche:

- interventi strutturali come separazioni e confinamenti, pavimentazioni, canalizzazioni etc.
- interventi tecnici per captazione e abbattimento di polveri aerodisperse su macchine e impianti.

Oltre ad interventi sul "sistema", possono essere considerati anche interventi che mirano a modificare i comportamenti. Esistono infatti fattori oggettivi di rischiosità, ma esistono ed hanno medesima importanza anche i fattori soggettivi dipendenti dal fattore umano la cui rischiosità può essere predetta perché presente in "liste" di comportamenti negativi abitualmente riscontrati nei posti di lavoro e che solitamente hanno valenza negativa ai fini della sicurezza. Uno dei problemi, infatti, non è di *far sapere* al lavoratore quali siano i comportamenti da adottare, quanto piuttosto di *motivarlo* a mettere in atto quei comportamenti con costanza nel tempo. La modifica dei comportamenti in realtà lavorative medie e piccole è piuttosto difficile e ancora scarsamente sperimentata.

La proposta a livello avanzato dell'INAIL si baserà dunque su una parte della tecnica suggerita da metodologie all'avanguardia e di provata efficacia per la riduzione degli infortuni, nate nell'ambito delle scienze del comportamento.

## BIBLIOGRAFIA

**A. Cavallo, B. Rimoldi, A. Ferrario:** Asbestos Risk In Quarrying And Processing Of The "Serpentino Della Val Malenco", Central Alps: Preliminary Geological And Environmental Studies For Risk Assessment, 2004, Atti del Convegno: Dagli amianti alle nanoparticelle: dall'esperienza del passato la chiave per risolvere i problemi del futuro, Università di Torino, Torino.

**A. Cavallo, B. Rimoldi:** L'estrazione della Serpentinite della Val Malenco: la problematica dell'esposizione dei lavoratori a fibre di amianto di origine naturale (NOA). Risultati delle indagini preliminari, 2005, Professione Geologo, n. 25, Milano.

**A. Cavallo, B. Rimoldi, A. Guercio, S. Massera, F. Pisanelli:** Esposizione a fibre di amianto nelle attività di estrazione e lavorazione del serpentino della Val Malenco, 2005, AIDII 23° Congresso Nazionale, Bologna.

**Cavallo A., Massera S., Rimoldi B., Guercio A., Marena G., Barbassa E., Santucci P., Tripi L., Verdel U.:** Naturally occurring asbestos in quarrying and processing the "Serpentino della Valmalenco" (SO), Central Alps: geological and environmental studies for risk assessment, 2006, 28th ICOH, Milano.

**O. Münterer, J. Hermann:** The Val Malenco lower crust-mantle complex and its field relations (Italian Alps), 1996, Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., 76, 475-500.

**WHO:** Determination of Airborne Fibre Number Concentrations - A Recommended Method, by Phase-Contrast Optical Microscopy (Membrane Filter Method), 1997, <http://whqlibdoc.who.int/publications/9241544961.pdf>

**REGIONE EMILIA-ROMAGNA:** Il Progetto Regionale Pietre Verdi, 2004, 142 pp  
<http://www.regione.emilia-romagna.it/AMIANTO/pdf/pietreverdi.pdf>

EPA: Response to the November 2005 National Stone, Sand & Gravel Association Report Prepared by the R.J. Lee Group, Inc "Evaluation of EPA's Analytical Data from the El Dorado Hills Asbestos Evaluation Project", 2006, 15 pp,  
<http://www.epa.gov/region09/toxic/noa/eldorado/pdf/rjLee-response4-20final.pdf>

# **VALUTAZIONE DEL POTENZIALE TOSSICOLOGICO DI PARTICELLE ULTRAFINI PRESENTI IN AMBIENTI DI LAVORO: RISULTATI PRELIMINARI**

L. TAGLIERI<sup>1</sup>, F. RUSPOLINI<sup>1</sup>, L. LATTERINI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAIL – Direzione Regionale Umbria – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>Università degli Studi di Perugia – Dipartimento di Chimica

## **RIASSUNTO**

E' in fase di realizzazione un progetto di ricerca congiunto INAIL – Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Perugia che ha come obiettivo generale lo sviluppo di una metodologia di indagine che permetta di testare direttamente il particolato campionato negli ambienti di lavoro con opportuni substrati cellulari al fine di osservare e studiare gli eventuali effetti di citotossicità (danno cellulare) e gli specifici meccanismi di degradazione del materiale cellulare (DNA, proteine endocellulari).

## **SUMMARY**

A research project between INAIL (Italian workers' compensation authority) and department of Chemistry of the University of Perugia is realizing. The aim of the project is the development of a methodology for testing the effect of cytotoxicity (cellular damage) and specific mechanisms of cellular material degradation (DNA and endocellular proteins).

## **1. INTRODUZIONE**

Recenti studi hanno individuato azioni tossiche correlabili a particelle di dimensioni ultrafini e nano particelle che si originano in particolari settori operativi in cui le procedure prevedono fasi di combustione o trattamenti ad alta temperatura e trattamenti meccanici ad alta velocità. Le difficoltà igienistiche per caratterizzare queste azioni riguardano soprattutto gli aspetti analitici in quanto richiedono sofisticate tecniche di microanalisi che ben difficilmente possono trovare larga diffusione per la necessaria valutazione del rischio. L'idea che si vorrebbe sviluppare riguarda il tentativo di superare lo specifico aspetto analitico e di testare direttamente il particolato campionato negli ambienti di lavoro con gli opportuni substrati cellulari al fine di osservare e studiare gli eventuali effetti di citotossicità (danno cellulare) e gli specifici meccanismi di degradazione del materiale cellulare (DNA, proteine endocellulari). Questa soluzione porterebbe a definire in maniera abbastanza semplice le eventuali azioni citotossiche della matrice inquinante contribuendo efficacemente, dal punto di vista prevenzionale, a caratterizzare il rischio da sostanze chimiche e cancerogene aerodisperse in ambienti di lavoro e a permettere, anche, di predisporre opportuni protocolli sanitari. D'altra parte è chiara l'indicazione strategica data dai vertici dell'Istituto di provvedere alla realizzazioni di una rete di collaborazioni, in un ottica di sistema, con altri settori della Pubblica Amministrazione compresa l'area universitaria, anche, attraverso la stipula di specifici protocolli di ricerca. Partendo dalle considerazioni appena riportate, è stato intrapreso un progetto di ricerca in collaborazione con il Dipartimento di Chimica dell'Università degli Studi di Perugia, che sarà sviluppato attraverso le seguenti fasi:

FASE 1. Si procederà all'ottimizzazione dei metodi di campionamento. Saranno valutate le prestazioni di varie membrane filtranti (PVC, MCE, PTFE, fibra di argento, policarbonato) per individuare i migliori supporti da utilizzarsi in fase di campionamento soprattutto in considerazione delle successive fasi di interazione tra substrati e sistemi cellulari. Saranno ottimizzati i metodi di captazione, i tempi e i flussi di campionamento anche in funzione delle frazioni granulometriche da campionare della saturazione delle stesse membrane di raccolta.

FASE 2. Si procederà con la caratterizzazione chimica e dimensionale (fisica) del particolato campionato. Tale fase prevede l'eventuale messa a punto di metodi identificativi (fluorescenza, scattering della luce, introduzione di cromofori nelle particelle oggetto di studio, ecc.) delle particelle ultrafini interferenti con i sistemi biologici. In questa fase sarà effettuata anche la scelta degli idonei sistemi cellulari da utilizzarsi nella valutazione della interazione con le particelle ultrafini. Studio di meccanismi di enucleazione cellulare del particolato ultrafine. Studio delle caratteristiche citotossicologiche delle particelle ultrafini.

FASE 3. Studio degli effetti diretti di danno al DNA e al materiale cellulare indotto dall'enucleazione cellulare di particelle ultrafini.

## 2. MATERIALI E METODI

Data la complessità dei metodi messi in campo, che spaziano dal campionamento del materiale particellare, alla sua caratterizzazione chimico fisica, fino all'utilizzo di membrane fosfolipidiche per la valutazione della capacità delle particelle ultrafini di essere internalizzate dalle barriere cellulari, si procederà ad una descrizione qualitativa delle metodologie congiuntamente alla presentazione dei risultati parziali sinora ottenuti. Inoltre le stesse metodologie d'indagine sono in fase di validazione.

## 3. RISULTATI

I risultati preliminari ottenuti riguardano la:

- Ottimizzazione dei metodi di captazione, i tempi e i flussi di campionamento anche in funzione delle frazioni granulometriche da campionare della saturazione delle stesse membrane di raccolta.
- Valutazione delle caratteristiche di varie membrane filtranti (PVC, MCE, PTFE, fibra di argento, policarbonato) per individuare i migliori supporti da utilizzarsi in fase di campionamento soprattutto in considerazione delle successive fasi di interazione tra substrati e sistemi cellulari.
- Valutazione della potenziale enucleazione cellulare di particelle ultrafini campionate nel corso di alcuni processi lavorativi.

### 3.1 Ottimizzazione dei metodi di campionamento

Nella fase di campionamento sono stati utilizzati gli usuali metodi standardizzati per le indagini di igiene ambientale (UNI, UNICHIM, NIOSH). In generale il campionamento è stato condotto con l'uso di teste di campionamento a faccia aperta con flusso di aspirazione di 2,0 l/m per tempi variabili da 30 minuti a 2 ore.

Il particolato campionato in ambienti di lavoro è stato desorbito dalle membrane filtranti mediante contatto prolungato (circa 12 ore) con acqua MilliQ. La sospensione ottenuta è stata deposta su mica con la tecnica di spin-coating per evitare processi di agglomerazione del materiale. I campioni ottenuti sono stati investigati mediante microscopia a forza atomica (AFM). Con tale tecnica ad alta risoluzione spaziale è possibile ottenere immagini ed informazioni granulometriche più dettagliate dai campioni a bassa concentrazione di particolato. L'analisi statistica della granulometria indica che i campioni prelevati in ambienti durante lavorazioni di saldatura di acciaio inox, in fonderia di industria metallurgica e nel corso di varie operazioni della seconda lavorazione del legno, sono costituiti da particelle con diametro di alcune decine di nanometri che ad alte concentrazioni si aggregano formando agglomerati micrometrici. Attualmente sono allo studio campioni prelevati durante lavorazioni di cantieristica stradale in sottosuolo. Il prelievo di tali campioni è stato effettuato utilizzando campionatore a cascata tipo Sioutas, che consente la raccolta, lavorando ad un flusso di aspirazione di 9 l/min, di cinque frazioni granulometriche con tagli dimensionali di 2,5 – 1,0 – 0,50 – 0,25 e < 0,25 µm.

### 3.2 Valutazione delle caratteristiche delle membrane filtranti da utilizzarsi nella fase di campionamento

Le membrane filtranti vergini (PTFE, fibra di argento e di policarbonato), utilizzate nella fase di campionamento, sono state esaminate mediante AFM per determinare le loro caratteristiche superficiali, in particolare rugosità e porosità. In tutti i casi si è riscontrata una superficie con un elevato grado di rugosità (da alcune centinaia di nm fino a 1-2  $\mu\text{m}$ ); in Figura 1 è riportata l'immagine superficiale di una membrana in PTFE, esaminata con la tecnica appena descitta. Questo risultato indica che la topografia delle membrane interferisce fortemente con l'analisi e la caratterizzazione dimensionale del particolato campionato che quindi non può essere direttamente esaminato sulle membrane filtranti.

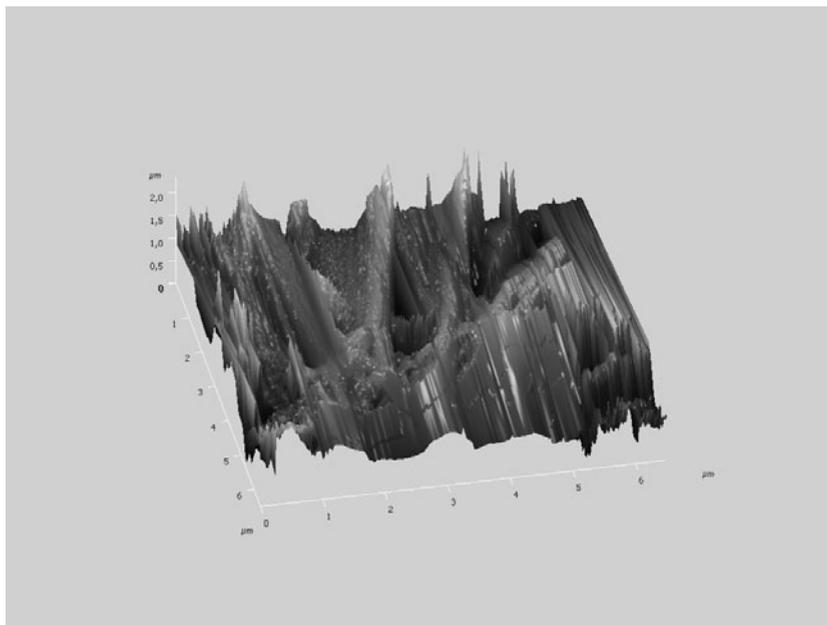


Figura 1: Immagine AFM di membrana in PTFE.

E' necessario quindi procedere al desorbimento dei campioni raccolti e alla loro deposizione su supporti non rugosi (lamine di mica) adatti ad essere usati con la tecnica AFM disponibile. Il metodo di trattamento dei campioni è stato validato mediante analisi con microscopia elettronica a scansione (SEM) con cui si è analizzata la composizione attraverso sonda a fluorescenza di raggi X (EDX). Il confronto dei dati ottenuti direttamente dalle membrane di campionamento e dai campioni desorbiti e depositati su supporti non rugosi (mica, silicio) indicano che i campioni hanno una composizione chimica confrontabile in termini di Al e Si, ma si è riscontrata una percentuale di sodio nei campioni desorbiti, la cui origine deve essere investigata in maggior dettaglio. Dal punto di vista morfologico i campioni captati in ambienti di lavoro hanno granuli di dimensioni micrometriche, mentre i campioni desorbiti e depositati su mica presentano dimensione nanometriche non risolvibile mediante SEM (limite risoluzione ca. 300 nm), ma visualizzabili mediante AFM e con dimensioni di qualche decina di nanometri. In Figura 2 è riportata l'immagine AFM di un campione di fumi di saldatura, desorbito dal filtro e depositato su supporto di mica. Sono presenti particelle con dimensionalità di qualche decina di nanometri.

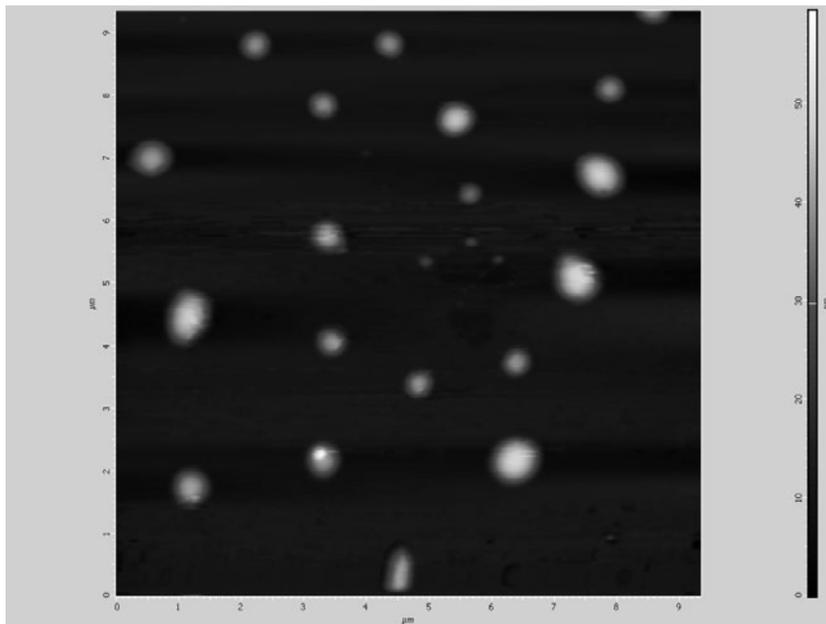


Figura 2: Immagine AFM di particelle da fumi di saldatura.

### 3.3 Valutazione della potenziale enucleazione cellulare di particelle ultrafini campionate nel corso di alcuni processi lavorativi

Il particolato sospeso in acqua MilliQ senza ulteriori manipolazioni è stato messo in contatto con membrane fosfolipidiche (globuli rossi svuotati) per valutare la capacità delle particelle ultrafini ad essere internalizzate dalle barriere cellulari. Le membrane caricate con il particolato proveniente da campioni di fumi di saldatura, sono state visualizzate mediante microscopia confocale (MCF) grazie alla luce diffusa dal particolato ultrafine in seguito ad interazione con la sorgente laser. Membrane fosfolipidiche non trattate con particolato sono state usate come bianco. Le immagini raccolte indicano la penetrazione del particolato all'interno delle membrane. In Figura 3 è riportata un'immagine tipica, letta in microscopia confocale, di membrane fosfolipidiche non trattate: l'intensità della luce diffusa appare alquanto attenuata. In Figura 4 è riportata l'immagine di membrane caricate con il particolato, l'intensità della luce diffusa appare notevolmente potenziata a testimonianza della presenza, nelle membrane fosfolipidiche, di particelle per l'appunto in grado di diffondere la luce proveniente dalla sorgente laser.

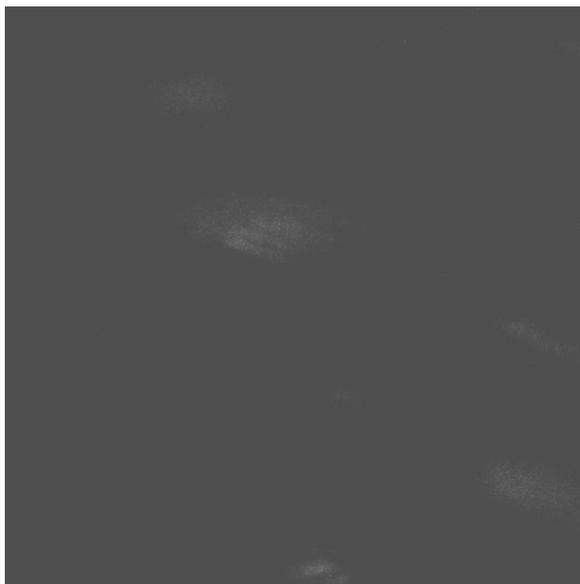


Figura 3: Immagine in microscopia confocale di membrane fosfolipidiche non trattate.



Figura 4: Immagine in microscopia confocale di membrane fosfolipidiche trattate.

### 3.3.1 Prove di contatto del particolato con DNA

Il particolato campionato in ambienti di lavoro (fonderia di industria metallurgica), desorbito dalle membrane filtranti mediante contatto prolungato (circa 12 ore) con acqua MilliQ, è stato messo in contatto con concentrazioni crescenti di DNA di vitello e batterico. In Figura 5 è riportata l'immagine AFM di frammenti di DNA batterico depositato su supporto di mica. L'analisi spettrofotometrica mirata sui segnali delle basi del DNA non evidenzia modifiche sostanziali

indotte dal particolato. Tale risultato è stato confermato anche da test condotti su particelle metalliche (oro ed argento) di riferimento opportunamente preparate in laboratorio con dimensioni variabili tra 15 e 50 nm. L'analisi AFM invece mostra che in presenza di particolato il DNA forma delle super-strutture intorno alle particelle. In Figura 6 un esempio di immagine AFM delle superstrutture DNA-particelle ultrafini. Una conferma di quanto osservato in AFM, è data dall'analisi in microscopia elettronica a trasmissione (TEM) dei medesimi campioni. Anche in questo caso i risultati ottenuti da saggi condotti con particelle ultrafini provenienti da ambiente di lavoro, sono stati confrontati con quelli ottenuti utilizzando nano particelle di sintesi. Questi dati indicano che il particolato interagisce con il DNA inducendone agglomerazione che potrebbe interferire con i naturali processi di duplicazione dell'acido nucleico. La natura delle interazioni deve essere ulteriormente investigata, al fine di comprendere quali parametri (composizione, dimensione, stabilità) controllano queste interazioni. In Figura 7 è riportata un'immagine TEM che evidenzia la formazione di superstrutture DNA-particelle ultrafini, saggiando campioni aerodispersi prelevati in fonderia di industria metallurgica. In Figura 8 è riportata immagine TEM di superstruttura DNA-particelle ultrafini ottenuta dal contatto con particelle di sintesi.

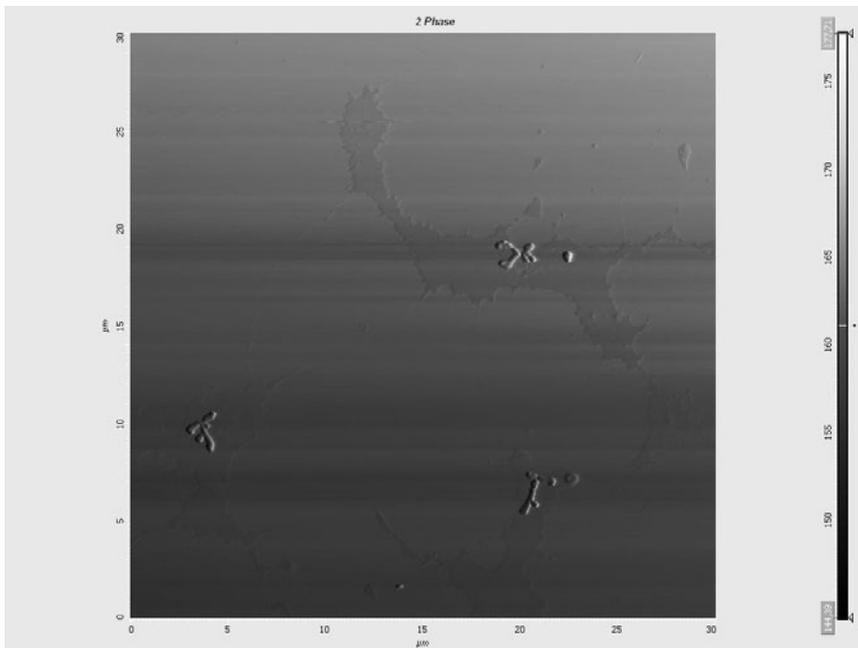


Figura 5: Immagine AFM di frammenti di DNA batterico.

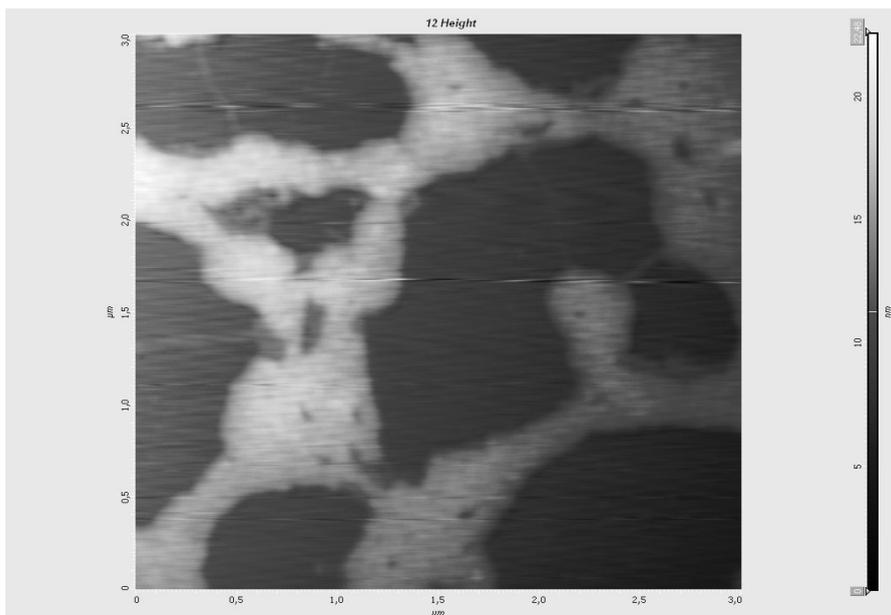


Figura 6: Immagine AFM delle superstrutture DNA-particelle ultrafini da ambiente di lavoro.

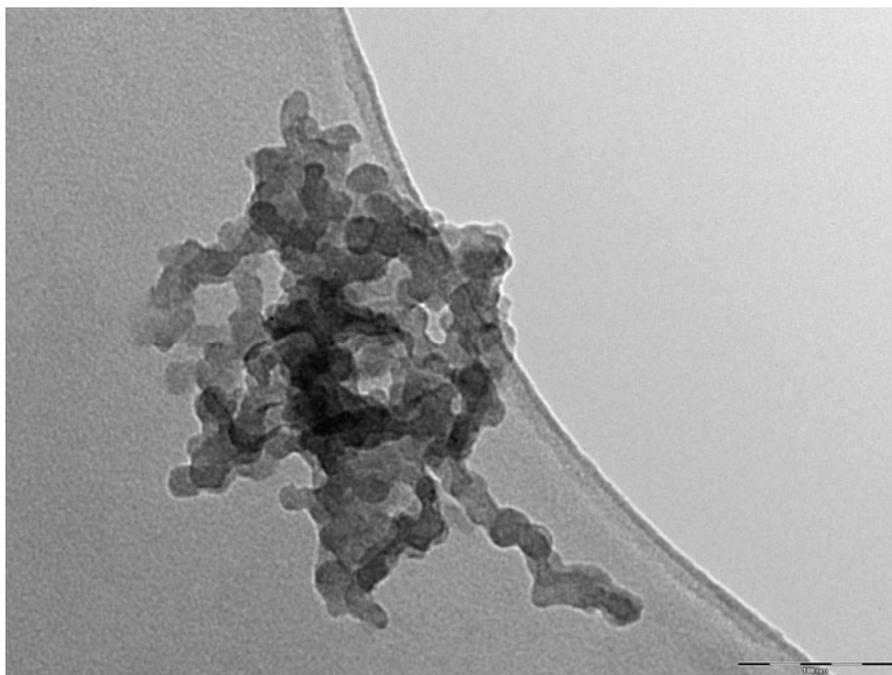


Figura 7: Immagine TEM di superstruttura DNA- particelle ultrafini da ambiente di lavoro.

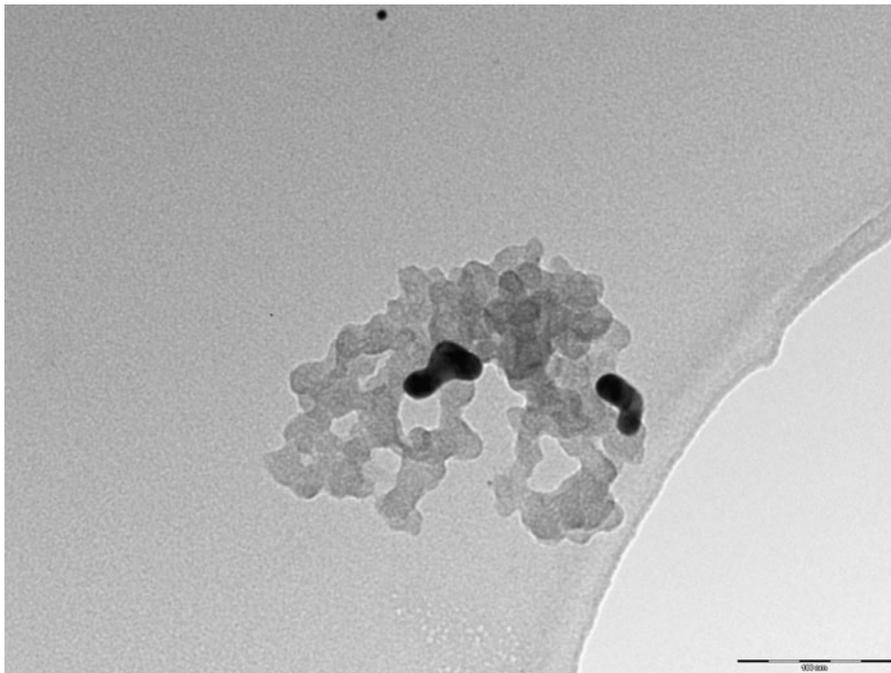


Figura 8: Immagine TEM di superstruttura DNA- particelle ultrafini di sintesi.

#### 4. CONCLUSIONI

Gli esperimenti condotti con la tecnica AFM sulle membrane filtranti vergini utilizzate per il campionamento del particolato in ambiente di lavoro hanno mostrato l'impossibilità di eseguire direttamente misure dimensionali del nano particolato aderente alle membrane a causa della rugosità di tutte le membrane esaminate. Tali misure sono possibili se il particolato viene rimosso dai filtri ed depositato su superfici uniformi come quelle delle lamine di mica.

Esperimenti eseguiti con tecnica MCF su membrane fosfolipidiche (cellule del sangue vuote) messe a contatto con il particolato rimosso dai filtri e sospeso in acqua hanno mostrato che il particolato può penetrare nelle membrane fosfolipidiche e quindi verosimilmente nelle cellule. Globalmente la ricerca ha mostrato che le due tecniche microscopiche utilizzate sono adatte all'obiettivo generale illustrato nell'introduzione. In futuro si intende estendere gli esperimenti utilizzando tecniche microscopiche, tipo microscopia elettronica a scansione (SEM) e/o TEM, che possano dare informazioni di natura chimica sul particolato ultrafine. Inoltre si faranno tentativi per marcare il particolato con sonde fluorescenti in modo da investigare la dinamica della sua penetrazione nella cellula. Gli esperimenti condotti con la tecnica SEM e con la tecnica AFM sui particolati campionati in ambiente di lavoro e successivamente desorbiti e depositati su supporti non rugosi, hanno consentito di validare la procedura di trattamento dei campioni che consente di raggiungere risoluzioni spaziali dell'ordine dei nanometri. Esperimenti eseguiti con AFM e spettrofotometria nell'ultravioletto, hanno consentito di stabilire che il particolato interagisce con l'acido nucleico inducendo la formazione di super-strutture intorno alle particelle. I dati fin qui ottenuti non consentono di ottenere informazioni sulla natura di tali interazioni, ma è necessario approfondire lo studio con tecniche ed esperimenti mirati. Sono stati avviati esperimenti per marcare il particolato con sonde fluorescenti e renderlo stabile in condizioni fisiologiche in modo da investigare con tecniche ottiche la dinamica di penetrazione e la localizzazione in sistemi cellulari.

**BIBLIOGRAFIA**

- C. Buzea, I. I. Pacheco Blandino, K. Robbie:** "Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity", 2007, *Biointerphases* – Vol. 2
- G. Castellet y Ballarà, A. Marconi:** "Strumenti e tecniche per la misura dell'esposizione a particelle nanometriche negli ambienti di lavoro", 2008, *Giornale degli igienisti industriali*, Vol. 33, pag. 23
- D. Cottica, E. Grignani:** "La valutazione del rischio associato all'esposizione lavorativa a nanoparticelle: valutazione preliminare alle misure sperimentali", 2008, *Giornale degli igienisti industriali*, Vol. 33, pag. 14
- A. D'Anna, A. Ciajolo:** "Caratterizzazione chimico-fisica del particolato nanometrica (ultrafine) emesso dai sistemi di combustione", 2008, *Giornale degli igienisti industriali*, Vol. 33, pag. 47
- R. J. Delfino, C. Sioutas, S. Malik:** "Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health", 2005, *Environmental health perspectives*, Vol. 113, pag. 934
- N. Lewinski, V. Colvin, R. Drezec:** "Cytotoxicity of nanoparticles", 2008 *Small*, Vol. 4, pag. 27
- A. Marconi, C. Fanizza, G. Castellet y Ballarà:** "Polveri ultrafini e nanoparticelle:tecniche di misura convenzionali ed avanzate per la determinazione dell'esposizione inalatoria", 2007 *Rivista degli infortuni e delle malattie professionali*, fasc. n. 2/2007, pag. 261
- A. Marconi, M. Inglessis, M. Ferdinandi, G. Cattani:** "Livelli di materiale particellare ultrafine nell'atmosfera e relazione con il traffico veicolare", 2008, *Giornale degli igienisti industriali*, Vol. 33, pag. 36
- A. Nel, Tian Xia, Lutz Ning Li:** "Toxic potential of materials at nanolevel", 2006, *Science*, Vol. 311, pag. 622
- G. Oberdöester, E. Oberdöester, J. Oberdöester:** "Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles", 2005, *Environmental health perspectives*, Vol. 113, pag. 823
- C. Sioutas, R. Delfino, M. Singh:** "Exposure assessment for atmospheric ultrafine particles and implication in epidemiologic research", 2005, *Environmental Health Perspectives*, Vol. 113, pag. 947



POSTER





# STATO DELL'ARTE SULLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO D'ESPOSIZIONE A MISCELE DI SOSTANZE ED EFFETTI SULLA SALUTE DEI LAVORATORI

E. BARBASSA

INAIL - Direzione Regionale Lombardia - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## RIASSUNTO

In passato gli studi tossicologici disponibili in letteratura erano relativi principalmente alle sostanze singole, anche se l'esposizione umana riguarda di solito una molteplicità di composti chimici.

La conoscenza della tossicità delle sostanze singole è quindi spesso inadeguata per la valutazione del rischio per la salute dei lavoratori, ma occorre conoscere quali sono i principali tipi di interazioni che avvengono tra i componenti delle miscele, ovvero se essi si combinano tra di loro in modo additivo, sinergico od antagonistico.

Scopo del presente lavoro è stato quello di fare il punto sullo stato dell'arte nella valutazione del rischio per la salute dei lavoratori derivante dall'esposizione a miscele di sostanze attraverso una revisione critica dei documenti sulla tossicità delle miscele pubblicati da alcune delle principali Agenzie regolatorie internazionali (EPA, ATSDR, ACGIH) al fine di evidenziare quelli che si ritengono i principali limiti e criticità di tali approcci.

## SUMMARY

Most toxicological studies to date are performed on single chemicals even though human exposure is rarely limited to individual compounds.

The current knowledge of the chemicals' toxicity is often unsuitable for the risk assessment of the workers' health, but we have to know what are the main types of interactions (dose and response addition, synergism, antagonism) occurring among the mixtures' components.

This work aimed at reviewing the current theoretical and practical approaches to the mixtures toxicity, through an in-depth analysis of the chief regulatory Guidance Documents (EPA, ATSDR etc.) concerning the mixtures risk assessment, and at discussing the most important limits and the major roadblocks of the current mixtures risk assessment methodologies.

## 1. INTRODUZIONE

La valutazione del rischio derivante dall'esposizione a miscele di sostanze chimiche e la stima delle potenziali interazioni tra agenti chimici rappresentano problemi molto complessi, ma di grande importanza in quanto l'esposizione umana sia nell'ambiente di vita che in ambito occupazionale è caratterizzata dalla presenza contemporanea di una molteplicità di sostanze chimiche.

Occorre sottolineare che, nonostante la disponibilità in letteratura di numerosi studi tossicologici sulle interazioni tra agenti chimici, l'attuale conoscenza dei meccanismi di interazione tra le sostanze chimiche è piuttosto limitata e presenta delle lacune.

Una miscela può essere definita (EPA: Environmental Protection Agency, 1986) come qualsiasi combinazione di due o più sostanze chimiche che, indipendentemente dalla loro origine spaziale o temporale, possono influenzare il livello di rischio a cui è soggetta una popolazione. Si può distinguere tra:

- *miscele semplici*: consistono di un relativamente piccolo numero di componenti (10 o meno) la cui composizione è qualitativamente e quantitativamente nota (es. un cocktail di pesticidi, un'associazione di farmaci)
- *miscele complesse*: comprendono decine, centinaia o migliaia di agenti chimici la cui composizione non è completamente nota (es. fumi di saldatura, inquinanti dell'aria urbana)

- *miscele simili*: miscele che sono leggermente differenti, ma che si ritiene che abbiano caratteristiche paragonabili per destino, trasporto, processi fisiologici e tossicità. Queste miscele possono essere costituite dagli stessi componenti, ma in proporzioni leggermente differenti, od avere in comune la maggior parte dei componenti, in quasi le stesse proporzioni, con soltanto alcuni componenti diversi. Miscele simili determinano la stessa attività biologica ed agiscono attraverso lo stesso meccanismo di azione o riguardano lo stesso endpoint tossico.

Sono state definite (U.S. EPA, 2000) le seguenti principali categorie di meccanismi d'azione delle sostanze chimiche:

- a) *azione congiunta indipendente o additività di risposta* (situazione di non interazione): si riferisce a sostanze che agiscono in modo indipendente ed hanno differenti meccanismi di azione così che la presenza di una sostanza non influenzerà la tossicità di un'altra e la tossicità combinata è eguale alla somma delle risposte dei componenti così come definita dalla formula per la somma delle probabilità di eventi indipendenti
- b) *simile azione congiunta o additività di dose o di concentrazione* (situazione di non interazione): si riferisce a sostanze chimiche che causano effetti simili attraverso meccanismi d'azione simili ovvero si verifica quando ciascun composto chimico si comporta come una concentrazione o diluizione di ciascun altra sostanza presente nella miscela e la risposta della combinazione è la risposta attesa dalla dose equivalente di un composto chimico di riferimento
- c) *sinergismo*: si verifica quando l'effetto tossico della miscela è maggiore della somma degli effetti che si avrebbero considerando le singole sostanze
- d) *antagonismo*: si verifica quando la tossicità osservata della miscela è minore della somma degli effetti che si avrebbero considerando le singole sostanze.
- e) *potenziamento*: si verifica quando una sostanza non ha di per sé un effetto tossico su un certo organo o sistema, ma se aggiunta ad una sostanza tossica ne aumenta la tossicità.

Scopo del presente lavoro è stato quello di esaminare in modo critico la letteratura sulla tossicità delle miscele pubblicata a scopo regolatorio da alcune delle principali Agenzie regolatorie internazionali al fine di fare il punto sullo stato dell'arte e sulle prospettive future nella valutazione del rischio per la salute derivante dall'esposizione a miscele di sostanze chimiche.

## 2. MATERIALI E METODI

Alcune delle più importanti Agenzie regolatorie internazionali (EPA: Environmental Protection Agency, ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists) hanno sviluppato delle metodologie per la valutazione del rischio di esposizione a miscele di sostanze chimiche che vengono analizzate in dettaglio nel presente lavoro e confrontate criticamente tra di loro.

L'analisi delle metodologie di valutazione del rischio delle miscele proposte dalle sopra citate Agenzie internazionali ha permesso di evidenziare quelli che si ritengono i principali limiti e criticità di tali approcci, mettendo in rilievo quali sono gli aspetti su cui è ancora necessario lavorare e che meritano di essere approfonditi in futuro.

## 3. RISULTATI

### 3.1 Metodologia di valutazione del rischio delle miscele sviluppata dall'EPA

La Guida Supplementare per la valutazione del rischio delle miscele (EPA, 2000) fa riferimento al modello generale per la valutazione del rischio chimico proposto dall'EPA nel 1992 che prevede, partendo dalla formulazione del problema, lo sviluppo delle seguenti fasi:

- identificazione dei pericoli
- valutazione della relazione dose – risposta
- valutazione dell'esposizione
- caratterizzazione del rischio.

Il documento prende in esame diversi possibili approcci per la valutazione del rischio delle miscele in funzione della completezza e della qualità dei dati disponibili sulle miscele e descrive procedure per la valutazione del rischio che utilizzano dati relativi a:

- l'intera miscela di interesse che è trattata come una singola sostanza complessa
- miscele simili dal punto di vista tossicologico alla miscela di interesse
- i componenti della miscela di interesse.

La Guida dell'EPA non raccomanda alcun singolo approccio per la valutazione del rischio delle miscele, ma intende fornire un certo numero di opzioni finalizzate alla scelta degli approcci più adatti al tipo specifico di miscela ed alla qualità dei dati disponibili, come è evidenziato in Figura 1:

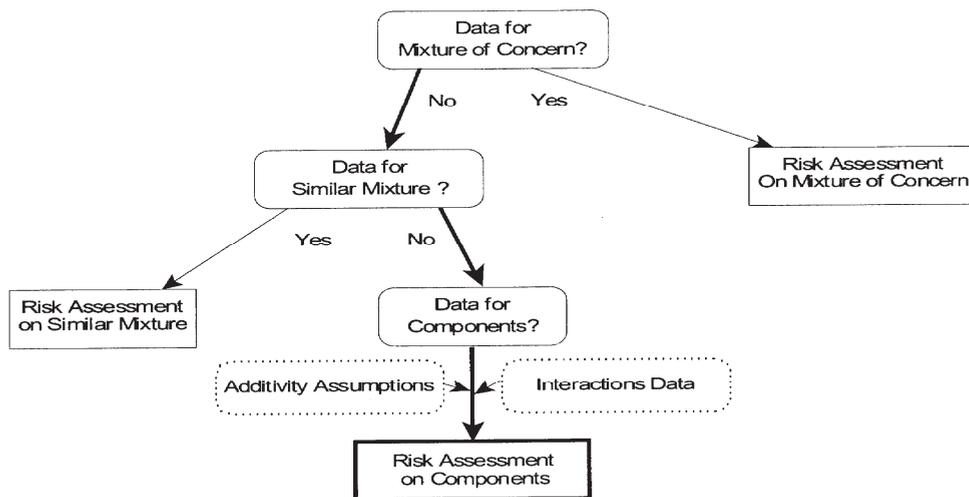


Figura 1: differenti approcci per la valutazione delle miscele proposti dall'EPA

La Guida supplementare dell'EPA inizia il processo di valutazione del rischio con una stima preliminare della qualità ed affidabilità dei dati disponibili sulle miscele e suggerisce, per valutare l'enorme varietà di miscele presenti negli ambienti di vita e di lavoro, di investigare direttamente poche miscele considerate "ad alta priorità" e di utilizzare i dati relativi a queste miscele per estrapolazioni ad altre miscele ambientali ritenute simili.

Esempi di miscele considerate ad alta priorità sono costituite dai combustibili diesel o dalle miscele di PCB (policlorobifenili) per cui esiste una grande quantità di dati di tossicità relativi alle miscele commerciali che possono essere estrapolati alle miscele ambientali ritenute simili in composizione.

Il problema principale consiste nel determinare quali sono le miscele da testare in modo prioritario, basandosi sulla documentazione relativa alla frequenza con cui le miscele sono presenti nell'ambiente di vita e di lavoro, alla presenza di componenti altamente tossici nelle miscele, a problemi di salute pubblica in popolazioni esposte a miscele di sostanze etc..

Per le rimanenti miscele considerate non prioritarie, occorre focalizzarsi sui metodi da sviluppare per estrapolare le stime di esposizione e tossicità dalle miscele testate a quelle non testate.

Si sottolinea che, in aggiunta ai problemi tipici delle estrapolazioni concernenti sostanze singole (incertezze interspecie, correlate alle diverse vie di esposizione etc.) le miscele includono ulteriori incertezze relative alla presenza o meno di interazioni ed ai cambiamenti di composizione.

Pertanto, per migliorare l'estrapolazione dose – risposta, occorre condurre contemporaneamente sia esperimenti tossicologici che studi epidemiologici oltre a sviluppare modelli matematici.

La Guida supplementare dell'U.S. EPA del 2000 è basata essenzialmente sui concetti riguardanti i meccanismi dell'azione tossica e la somiglianza tossicologica tra differenti miscele.

Un limite serio della suddetta Guida consiste nel fornire poche indicazioni su come determinare quando 2 miscele possono essere considerate simili dal punto di vista tossicologico.

Tale Guida Supplementare distingue anche tra metodi di valutazione del rischio specifici per le miscele complesse e per le miscele semplici.

Per le miscele complesse, particolarmente quelle che consistono di miscele commerciali od industriali comunemente prodotte, come ad es. i combustibili diesel per cui esiste una grande quantità di dati di tossicità relativi alle intere miscele (WHO: World Health Organization, 1996), il metodo preferito è l'utilizzo di dati di tossicità relativi alla miscela considerata nella sua totalità.

Occorre sottolineare che a seguito del rilascio delle miscele nell'ambiente i componenti delle miscele possono essere alterati; quindi, la miscela per cui esistono i dati tossicologici può non essere più identica per composizione alla miscela rilasciata nell'ambiente.

In questi casi chi valuta il rischio può optare per l'utilizzo di una miscela che è considerata "sufficientemente simile" (U.S. EPA 2000).

Sfortunatamente, dati di tossicità sulle intere miscele o su miscele simili sono raramente disponibili per miscele differenti dalle miscele originali commerciali od industriali.

Per quanto riguarda le miscele semplici, in assenza di dati adeguati su una specifica miscela, si può utilizzare l'approccio basato sulla valutazione del rischio dei componenti della miscela, in cui i dati relativi a ciascun composto vengono combinati, spesso in modo additivo.

In assenza di informazioni adeguate sulla presenza di interazioni chimiche, la Guida dell'EPA del 2000 assume che si verifichi una situazione di "non interazione" e raccomanda l'utilizzo dei modelli di "additività di dose" o di "additività di risposta".

Il modello di "additività di dose" è suggerito per sostanze che hanno simili end points e tossicocinetica, ovvero agiscono attraverso lo stesso meccanismo d'azione (ad es. si legano allo stesso recettore) e per cui l'assenza di interazioni è assunta o dimostrata attraverso dati sperimentali.

I 3 metodi utilizzati per il calcolo dell'additività di dose sono i seguenti:

- il Fattore di Potenza Relativa: RPF (Relative Potency Factor)
- il Fattore di Equivalenza Tossica: TEF (Toxic Equivalency Factor)
- l'Indice di Pericolo: HI (Hazard Index).

Nel caso in cui i meccanismi d'azione siano conosciuti, la Guida dell'EPA raccomanda l'uso dei metodi RPF e TEF, mentre in assenza di dati meccanicistici è preferibile utilizzare l'Hazard Index.

Il metodo RPF pesa ciascun componente della miscela in base alla sua potenza relativa rispetto ad una determinata sostanza di riferimento, selezionata tra tutti i componenti della miscela, che è ben caratterizzata dal punto di vista tossicologico in quanto sono disponibili dati per la valutazione della relazione dose – risposta e che è considerata rappresentativa dei componenti della miscela.

Gli insetticidi organofosforici che agiscono attraverso l'inibizione dell'enzima acetilcolinesterasi sono considerati composti idonei per l'applicazione del metodo RPF.

Il contributo, in termini di esposizione equivalente in relazione alla sostanza di riferimento, di ciascun composto che agisce con lo stesso meccanismo d'azione viene determinato moltiplicando il livello di esposizione di ciascun composto per la sua tossicità relativa rispetto al composto di riferimento. La risposta cumulativa è quindi quantizzata usando la somma delle esposizioni equivalenti e la curva dose – risposta del composto di riferimento.

Il metodo TEF è considerato dall'EPA come una speciale applicazione del metodo RPF poiché è basato sulla presenza di dati più numerosi e di maggior certezza riguardo al meccanismo di azione.

I TEF sono stati sviluppati per gli idrocarburi aromatici clorurati, usando la 2,3,7,8 – tetraclorodibenzo-p-diossina (TCDD) come composto di riferimento. L'impatto cumulativo della miscela si ottiene moltiplicando la concentrazione di ciascuna sostanza per il suo valore di TEF.

Il metodo dell'Hazard Index (HI) assume, come il metodo RPF, che l'impatto dei composti chimici sia cumulativo e che non siano presenti interazioni.

Con questo metodo, le sostanze chimiche, per cui sono disponibili valori di dosi di riferimento (Reference Dose, RfD), vengono pesate usando come end point comune il valore di RfD.

I valori di RfD si basano sui valori di NOAELs (No Observed Adverse Effect Levels), ricavati dai test di tossicità, che includono studi in vivo di tipo subcronico e cronico ottenuti per l'end point più sensibile od effetto critico (U.S. EPA 1993).

Il contributo di ciascun componente della miscela all'HI è calcolato facendo il rapporto tra la sua concentrazione C ed il suo valore di RfD (C/RfD); tale rapporto rappresenta una potenza relativa.

Queste concentrazioni pesate sono quindi sommate a dare l'HI (Hazard Index) per l'intera miscela.

Nell'utilizzare questo approccio, l'EPA suggerisce che i dati di esposizione dovrebbero riguardare livelli relativamente bassi (vicini al NOAEL) a cui non sono attesi effetti di interazione.

Come nel caso dell'additività di dose, l'additività di risposta è un approccio di "non interazione".

La U.S. EPA suggerisce di utilizzare l' "additività di risposta" per sostanze chimiche con differenti meccanismi di azione per cui la presenza di una sostanza non influenza in alcun modo la tossicità di qualsiasi altro componente della miscela.

La principale applicazione del metodo di "additività di risposta" è limitata alla valutazione dei cancerogeni chimici. La U.S. EPA propone che le curve dose – risposta ricavate attraverso test di tossicità vengano usate per stimare il rischio di ciascuna sostanza chimica e quindi sommate a determinare un rischio cumulativo.

Il metodo dell'additività di risposta può essere applicato solo a sostanze chimiche presenti in piccole concentrazioni così che si sia in presenza di una situazione di non interazione.

Quando si applica una metodologia additiva, se tutte le sostanze chimiche presenti nella miscela non contribuiscono alla tossicità, o se avviene un'interazione antagonista, l'assunzione di additività può condurre ad una sovrastima del rischio; allo stesso modo interazioni di tipo sinergico possono risultare in una sottostima del rischio.

### 3.2 Metodologia di valutazione del rischio delle miscele proposta dall'ATSDR

Anche l'ATSDR ha pubblicato 2 Guide sulla valutazione tossicologica delle miscele, che includono un documento generale Guida per la valutazione delle interazioni tossiche degli agenti chimici nelle miscele (ATSDR, 2004) ed una Guida per preparare un profilo di interazione (ATSDR, 2001).

La Guida per la valutazione delle interazioni tossiche è abbastanza simile a quella dell'EPA, sebbene l'ATSDR sottolinei maggiormente l'importanza dell'utilizzo di modelli di farmacocinetica (PBPK: Physiologically Based Pharmacokinetics) e di farmacodinamica (PBPD: Physiologically Based Pharmacodynamics).

Un modello PBPK è un modello matematico che consente di predire l'assorbimento, la distribuzione, la metabolizzazione e l'escrezione di una sostanza nell'uomo od in altre specie.

I modelli PBPK permettono una descrizione tossicocinetica biologicamente accurata del modello sperimentazione animale e possono incorporare vie multiple di somministrazione (orale, inalatoria etc.), volumi di tessuto, valori di flusso e parametri di solubilità realistici per singole specie animali e per specifiche sostanze chimiche. Soprattutto i modelli PBPK incorporano le vie metaboliche mediante l'uso di parametri cinetici misurati.

Poiché una delle più importanti interazioni chimiche per le sostanze organiche consiste nell'alterazione del metabolismo, l'espressione delle vie metaboliche è critica per una predizione corretta della possibile natura dell'effetto interattivo.

La Guida del 2004 esprime una chiara preferenza per l'uso di dati relativi all'intera miscela di interesse e segue un approccio a gradini per selezionare i dati disponibili simile allo schema raccomandato dall' EPA nel 1986. Quando non sono disponibili dati sulla miscela di interesse, l'Agenzia suggerisce di utilizzare i dati relativi ad una miscela sufficientemente simile.

Si sottolinea che l'ATSDR non cita alcuno studio di validazione dei criteri seguiti per predire la somiglianza tossicologica delle miscele chimiche.

In assenza di dati sulla miscela di interesse o su una miscela sufficientemente simile, l'ATSDR suggerisce di usare le informazioni disponibili sui componenti della miscela.

L'approccio ATSDR parte dall'utilizzo del metodo HI e dalla stima del rischio di cancro usando le dosi di riferimento dell'EPA (RfDs) ed i fattori di pendenza per le sostanze cancerogene.

L'ATSDR considera improbabile che una miscela costituisca un problema significativo per la salute soltanto quando meno di 2 sostanze chimiche in una miscela superano il quoziente di pericolo di 0.1 per gli effetti non cancerogeni od un livello di rischio di  $10^{-6}$  per quelli cancerogeni.

In aggiunta alla sua Guida per valutare le interazioni, l'ATSDR ha pubblicato un documento Guida per assistere i produttori nel preparare i profili di interazione per l'Agenzia (2001).

L'ATSDR ha sviluppato anche parecchi profili di interazione, relativi a sostanze persistenti riscontrate nel latte e nel pesce (dibenzo – p – diossine clorurate, esaclorobenzene, PBC così come alcune altre sostanze non clorurate).

### 3.3 Metodologia di valutazione del rischio delle miscele proposta dall'ACGIH

L'ACGIH ha sviluppato per prima nel 1963 una procedura relativa all'esposizione a miscele di sostanze chimiche, che è cambiata relativamente poco fino ad oggi; infatti l'ACGIH nel 2000 raccomanda l'approccio dell'additività di dose per la valutazione del rischio occupazionale.

Per miscele di 2 o più sostanze chimiche con stesso meccanismo d'azione ed organo bersaglio l'ACGIH raccomanda l'approccio dell'Hazard Index che prevede di sommare, per ciascuno dei componenti, i rapporti tra le concentrazioni ed i valori di TLV (Threshold Limit Value).

Se tale somma supera 1, allora si è in una situazione di pericolo per la salute.

Eccezioni all'approccio dell'Hazard Index si possono verificare quando ci sono buone ragioni per ritenere che i componenti della miscela agiscano attraverso differenti meccanismi di azione.

L'ACGIH raccomanda di valutare condizioni di sinergismo o di potenziamento caso per caso, in quanto tali interazioni sono generalmente esibite ad alte concentrazioni, mentre sono meno probabili alle basse concentrazioni tipiche degli ambienti di vita.

## 4. CONCLUSIONI

L'analisi critica dello stato dell'arte a livello regolatorio nella valutazione del rischio derivante dall'esposizione a miscele di sostanze chimiche ha evidenziato che sono disponibili pochi dati tossicologici sulla maggior parte delle miscele di sostanze chimiche, che la maggioranza dei dati disponibili valutano soltanto le interazioni binarie tra sostanze e che ci sono pochi studi relativi all'esposizione cronica a basse concentrazioni dei componenti delle miscele, che rappresenta la situazione più comune per le esposizioni ambientali.

Sono stati identificati i più rilevanti limiti e criticità delle sopra descritte metodologie di valutazione del rischio delle miscele, tra cui si citano:

- la necessità, per predire in modo più efficace la tossicità delle miscele, di più approfonditi studi sui meccanismi di azione a livello molecolare delle sostanze chimiche,
- lo sviluppo di modelli PBPK specifici per le miscele complesse, che possono essere utili per predire gli effetti di interazioni dose – dipendenti,
- la mancanza di un sistema di classificazione universalmente accettato dei modi/meccanismi di azione delle sostanze chimiche; si sta infatti cominciando soltanto di recente a sviluppare i criteri per la determinazione di una somiglianza meccanicistica tra sostanze,
- l'utilizzo generalizzato, per la valutazione del rischio delle miscele di sostanze, di modelli di non interazione (di additività di dose o di risposta) che non tengono conto del possibile verificarsi di interazioni,
- l'influenza dei fattori temporali di esposizione agli agenti chimici sugli effetti tossici provocati dalle sostanze e sulle interazioni tra agenti chimici,
- la non considerazione del fatto che sia i meccanismi di azione che di interazione delle sostanze chimiche sono dose – dipendenti con differenti effetti e/o interazioni possibili a differenti intervalli di dose.

Quest'ultimo è un punto particolarmente critico in quanto la maggioranza degli studi sulle miscele disponibili in letteratura sono costituiti da esperimenti condotti ad alte dosi su un numero ridotto di

componenti della miscela, mentre la maggior parte delle reali esposizioni umane ed ambientali avvengono a basse dosi ed in presenza di miscele complesse di sostanze chimiche.

## **BIBLIOGRAFIA**

**EPA/630/R-00/002:** Supplementary Guidance for conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures, agosto 2000

**ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry:** Guidance Manual for the Assessment of Joint Toxic Action of Chemical Mixtures, maggio 2004

**ATSDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry:** Guidance for the preparation of an Interaction Profiles, febbraio 2001



# **SPERIMENTAZIONE DI UN GUANTO STRUMENTATO CON SENSORI, PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA VIBRAZIONI AL DISTRETTO MANO-BRACCIO**

A. BIANCONI<sup>1</sup>, F. RUSPOLINI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INAIL - Direzione Regionale Umbria - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

## **RIASSUNTO**

Negli ultimi anni la comunità scientifica si è molto adoperata al fine di poter migliorare la stima del rischio professionale che le vibrazioni trasmesse da alcune attrezzature portatili, possono ingenerare a carico del distretto mano-braccio dell'utilizzatore (HAV).

La metodica di valutazione che si è affermata, si basa su misure di accelerazione svolte tramite accelerometri triassiali, con una ponderazione dei valori in relazione alle frequenze.

In questa sperimentazione si è affiancato al metodo tradizionale, un sistema in grado di misurare le pressioni fra la mano e l'impugnatura dell'attrezzo, realizzato con un guanto da lavoro appositamente strumentato con sedici sensori di pressione. L'obiettivo era quello di verificare la relazione fra l'accelerazione e la pressione sui punti della mano maggiormente sollecitati.

## **SUMMARY**

Recently the scientific community has made great efforts to improve the evaluation about the occupational risk that vibrations produced by some portable equipment, can cause to the worker's hand-arm (HAV).

The main method of assessment is based on the measurement of acceleration by triaxial accelerometer, with a weighting of values in relation to the frequency.

In this study, we use the traditional method and a system for measuring the pressure between the hand and the tool by a working glove with sixteen pressure sensors. The goal was to verify the relation between the acceleration and the pressure on the hand.

## **1. INTRODUZIONE**

I risultati delle misure di accelerazione condotte sulle attrezzature vibranti portatili, sono notoriamente molto influenzati dalle caratteristiche dell'operatore che svolge la prova, dalla modalità operativa, dallo stato di conservazione dell'attrezzo, dalle condizioni dell'utensile installato e da molti altri ancora. La conseguenza, è che il valore misurato ha una bassa ripetibilità e una grande dispersione dei valori, così i dati disponibili, forniti da costruttori di macchine o presenti nelle banche dati, possono essere scarsamente applicabili a casi reali anche se similari a quelli di origine. L'empasse potrebbe essere superata associando al valore dell'accelerazione, anche il dato della pressione di presa dell'utensile, parametro che ha dimostrato anch'esso una sicura correlazione con i disturbi causati dalle vibrazioni (Report CEN 12349/1996).

I test medici (fotopletismografia e temperatura superficiale della mano), condotti sugli operatori prima e dopo l'uso degli attrezzi vibranti, hanno dimostrato una riduzione del flusso sanguigno direttamente proporzionale al livello dell'accelerazione misurata (R. DEBOLI et al., 2001), inoltre una riduzione localizzata del flusso sanguigno, è stata riscontrata anche sulle dita sollecitate con sole forze statiche di 2 e 5 Newton (M. BOVENZI et al., 2006).

Nell'ambito dei Comitati Tecnici, i rappresentanti tedeschi hanno avanzato la proposta di usare la forza di contatto mano-attrezzo, per determinare un opportuno fattore di correzione dell'accelerazione; la proposta non è stata accettata perché non era accompagnata dalla correlazione fra il nuovo valore di accelerazione ed il corrispondente livello di rischio (HSE-O.C.246/34/2004).

Anche la stessa norma ISO 5349-1, raccomanda di corredare il dato misurato, con la descrizione della lavorazione e dei fattori ergonomici quali grip e forza di spinta sull'impugnatura, però non

indica come misurare tali aspetti, argomento demandato alla ISO15230/2007, alla quale è seguita qualche critica: il metodo di prova ostacola eccessivamente l'operatore durante l'uso dell'attrezzo, comporta l'inserimento di un spessore non trascurabile fra la mano e l'impugnatura ed infine è applicabile solo alle frequenze minori di 10 Hz.

Il metodo del guanto strumentato presentato in questo studio può superare parte dei limiti sopra evidenziati e fornire un dato di pressione di presa, da affiancare al valore dell'accelerazione misurata.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Caratteristiche della strumentazione impiegata

Il sistema di misura della pressione, applicato ad un comune guanto da lavoro (figura 1), è basato su una scheda di acquisizione dati avente 16 distinti canali; a questi sono stati collegati altrettanti sensori di tipo capacitivo. I sensori capacitivi, altro non sono che condensatori elettrici aventi capacità variabile a seconda della pressione che li sollecita e che quindi "schiaccia" il materiale dielettrico contenuto fra le due armature; le specifiche tecniche sono riassunte nella tabella 1.

Tabella 1: Specifiche tecniche dei sensori utilizzati

Dimensione del sensore	D = 10 mm (millimetri)
Spessore del sensore	S = 1 mm
Campo di pressione misurabile	Da 0 a 4,20 kg/cm <sup>2</sup>
Frequenza massima	150 Hz
Durata media del sensore	100.000 cicli
Temperatura ammissibile	Da 0 a 45 °C
Tensione di alimentazione	Da 3 a 6 Vdc
Corrente	5 mA
Resistenza a sensore scarico	> 500 kΩ
Resistenza a pieno carico	500 Ω

I sedici sensori, sono stati posizionati sulla superficie del guanto da lavoro (della mano destra), nelle posizioni ritenute più esposte alle sollecitazioni durante la presa degli attrezzi da lavoro. Nelle due immagini che seguono è visibile il guanto, con i sensori applicati e la numerazione degli stessi.

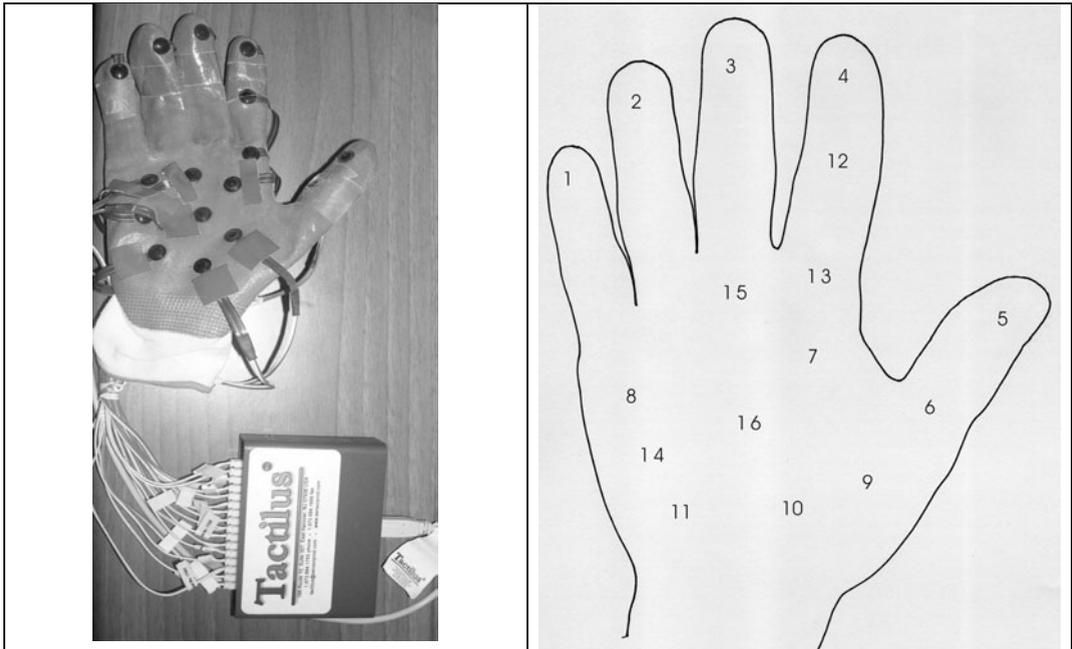


Figura 1. Sinistra: guanto con sensori e scheda di acquisizione. Destra: numerazione dei sensori.

Il sistema di acquisizione si completa con il software che ha il compito di ricevere i valori e di mostrare in tempo reale l'andamento della pressione su ogni sensore e quella complessiva, nel dominio del tempo. Come risultati globali di ogni prova, vengono forniti: i livelli medi e massimi raggiunti dalla pressione, la forza complessivamente applicata ed il sensore più sollecitato.

Ovviamente le misure possono essere memorizzate ed anche esportate verso altri software. In questo studio, i dati sono stati trasferiti ed ulteriormente elaborati tramite un foglio di calcolo realizzato con il programma excel; i risultati ottenuti sono riassunti e commentati nelle prossime pagine.

Il sistema così strutturato, presenta i seguenti limiti e vantaggi: in primo luogo, i sensori possono essere posizionati sulle parti più "interessanti" della mano, però il massimo numero utilizzabile è di sedici elementi. La misura della pressione avviene sia in condizioni statiche che dinamiche, la massima frequenza operativa è di 150 Hz, non eccessivamente elevata, ma pur sempre adeguata a buona parte delle attrezzature vibranti ed in ogni caso molto più elevata dei 10 Hz della ISO 15230. Lo spessore dei sensori è basso e quindi poco invasivo nei confronti dell'operatore, anche se un minimo di costrizione è dovuto ai cavi elettrici dei sensori, alla scatola contenente l'elettronica ed al cavo *USB* che collega il guanto al computer. I cavi ed i componenti, durante i test, sono stati fissati tramite nastro adesivo in modo da non interferire con la lavorazione.

La scelta di fissare i sensori al guanto da lavoro, consente di adattare immediatamente il sistema ad ogni impugnatura di qualunque strumento da lavoro, indipendentemente dalla conformazione e dalla curvatura. Sulla durata dei sensori, i 100000 cicli indicati dal fornitore sono adeguati alle applicazioni esaminate, piuttosto i problemi registrati con maggior frequenza, sono dovuti al distacco del sensore dalla superficie del guanto. Questo inconveniente potrebbe essere superato in una successiva industrializzazione del sistema, annegando i sensori proprio all'interno della gomma di cui è costituito il guanto. Il sensore di tipo capacitivo è stato scelto perchè è quello che ha dimostrato la miglior attitudine all'impiego (S. ZONCHEDDU, 2007): offre una buona linearità, una bassa isteresi, una buona risposta in frequenza, una buona stabilità al variare della temperatura e dell'umidità ambientale.

Parallelamente al guanto strumentato, si è impiegato anche un misuratore di vibrazioni (*Maestro* di *OIDB*), per misurare l'accelerazione ponderata  $a_{hw}$  secondo la ISO 5349-1 ed un contagiri a lettura ottica, per determinare il numero di giri dell'organo rotante di alcuni attrezzi usati nello studio.

## 2.2 Svolgimento delle misure

I due operatori scelti per le prove, erano adeguatamente formati sull'utilizzo degli attrezzi; le prime prove sono state condotte in maniera statica usando un'impugnatura cilindrica del diametro di 50 millimetri, al fine di valutare i valori massimi della pressione di presa sviluppata dagli addetti, depurata dal fattore di "disturbo" rappresentato dalle vibrazioni e dalle lavorazioni.

Le misure sugli attrezzi sono state svolte, parte in maniera simulata e parte su lavorazioni reali nelle normali condizioni operative. Le prove simulate sono state svolte su di un trapano elettrico *Bosch GSB20-2* attrezzo dotato di mandrino e di regolatore di velocità elettromeccanico in grado di fornire 16 velocità fra 600 e 3100 g/m. Sul mandrino sono state serrate, alternativamente, tre differenti masse eccentriche in modo da ottenere vari livelli di accelerazione centripeta  $a_c$  compresi fra 150 e 3850 m/s<sup>2</sup>. Sull'impugnatura posteriore del trapano, l'effetto delle masse eccentriche e dei diversi numeri di giri, ha comportato un livello di accelerazione ponderata  $a_{hw}$  compreso fra 0,8 e 27 m/s<sup>2</sup>.

Gli operatori, indossando il guanto strumentato, hanno eseguito varie prove combinando masse eccentriche e velocità; i dati sono stati acquisiti e memorizzati nel PC.

In sintesi, è stato possibile valutare i seguenti aspetti:

- Legame fra accelerazione centripeta  $a_c$  (grandezza fisica) e accelerazione ponderata  $a_{hw}$  (grandezza igienistica).
- Relazione fra pressione di presa esercitata dall'operatore e accelerazione  $a_{hw}$  misurata sull'impugnatura.
- Ripetibilità delle misure, con lo stesso operatore e con diversi operatori.
- Distribuzione della pressione di presa sulle varie aree della mano e le zone più sollecitate.
- Andamento della pressione sul singolo sensore in funzione del tempo e dell'accelerazione  $a_{hw}$ .

Invece, le prove svolte sugli altri attrezzi vibranti nelle normali condizioni di utilizzo, hanno permesso di confrontare le accelerazioni  $a_{hw}$  emesse, la corrispondente pressione di presa esercitata dall'operatore e le parti della mano più sollecitate.

## 3. RISULTATI

### 3.1 Prove statiche

Le prove di presa statica effettuate sull'impugnatura cilindrica ( $D = 50$  mm), hanno permesso di verificare il corretto funzionamento di tutti i sedici sensori disposti sul guanto e parimenti hanno permesso di determinare la pressione media su ogni sensore. Ad ogni operatore è stato chiesto di afferrare il cilindro con la massima forza, per un tempo di 30 secondi. L'operatore 1 (altezza 174 cm, peso 74 kg, lunghezza della mano 17 cm, larghezza mano 9 cm), nella presa raggiunge la pressione di 3,19 kg/cm<sup>2</sup> sul sensore più sollecitato (il numero 2, corrispondente alla punta del dito anulare) e la pressione media di 1,54 kg/cm<sup>2</sup> come media dei 16 sensori. L'operatore 2 (di corporatura più robusta) alto 182 cm, 95 kg di peso e 20 per 11 cm di dimensione della mano, invece è in grado di esercitare una pressione praticamente uguale (3,14 kg/cm<sup>2</sup>) sul sensore più sollecitato (anche in questo caso il sensore 2) e la pressione media di 1,22 kg/cm<sup>2</sup> come media dei 16 sensori. Una presa così forte, può essere attuata solo per pochi secondi, poi subentra una sensazione prossima al dolore, accompagnata da un rapido calo della performance. Moltiplicando la pressione media per la superficie (lorda) della mano, determiniamo l'ordine di grandezza della forza di presa  $Fp$ , che per l'operatore 1 è di circa 240 kg, mentre per l'operatore 2 è di circa 270 kg, valori di tutto rispetto. Le aree della mano più sollecitate sono, per l'operatore 1, le estremità delle dita (sensori numero 2, 3 e 4) e la parte che vi si oppone: il pollice ed il tenar del pollice (sensori numero 6, 9, 7 e 16). L'operatore 2 ha la mano più grande ed abbraccia meglio tutta la superficie, quindi i valori sui sensori sono più livellati ed in particolare lavorano i seguenti: 2, 13, 6, 9, 16, 7, 3 15 e 8.

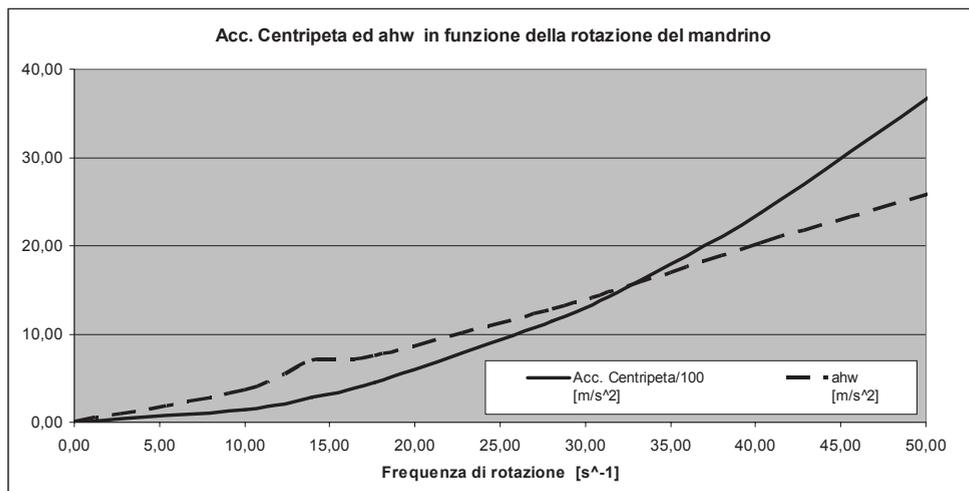


Grafico 1. Andamento dell'accelerazione centripeta e dell'accelerazione ponderata.

### 3.2 Prove dinamiche simulate

Le prove simulate con il trapano *Bosch GSB20* e le tre differenti masse sul mandrino ( $m_1$  27 gr, eccentricità 37 mm;  $m_2$  3 gr, eccentricità 18 mm;  $m_3$  13 gr, eccentricità 29 mm), hanno permesso di ottenere sull'impugnatura posteriore, un'accelerazione  $a_{hw}$  crescente fino a  $27 \text{ m/s}^2$ . Il grafico 1, mostra il differente andamento dell'accelerazione centripeta calcolata  $a_c$  (divisa per 100 al fine di rendere i valori paragonabili), rispetto all'accelerazione ponderata  $a_{hw}$  misurata. Si nota che l'accelerazione ponderata cresce meno repentinamente di quella centripeta all'aumentare della frequenza di rotazione del mandrino, situazione imputabile ai fattori di ponderazione stabiliti dalla Norma ISO 5349, che sono minori di uno a partire dai 20 ai 1250 Hz.

Il grafico 2, invece, mostra l'andamento della pressione di presa, come media dei 16 sensori, che si instaura fra la mano dell'operatore 1 e l'impugnatura del trapano, in funzione dell'accelerazione  $a_{hw}$ . Si osserva che il valore medio di pressione  $P_m$  varia in un range abbastanza limitato al variare delle accelerazioni misurate e tende a crescere parallelamente all'accelerazione fino a raggiungere il limite fisiologico dell'addetto. Anche la pressione sul sensore più sollecitato  $P_{m_{max}}$  ed i picchi di pressione  $P_{peak}$  tendono ad aumentare con l'aumento delle accelerazioni.

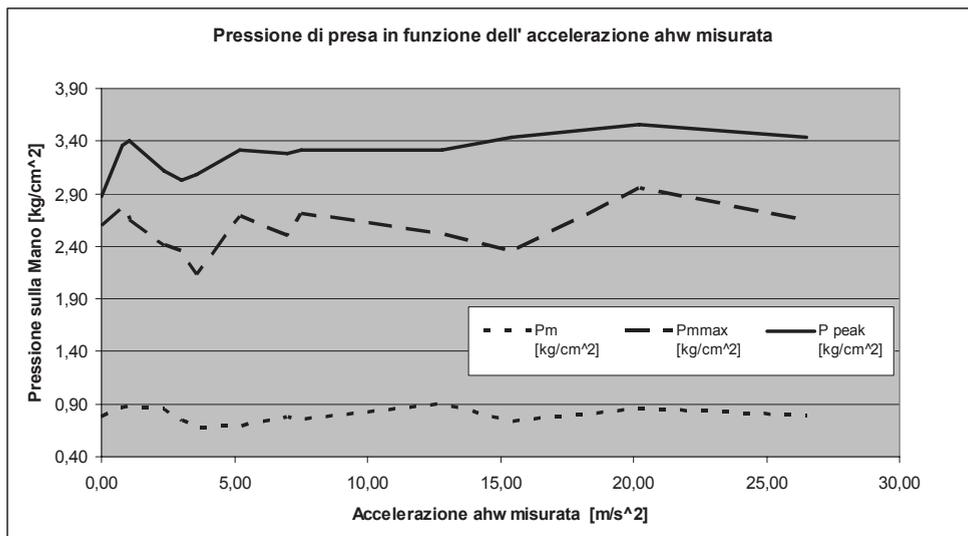


Grafico 2. Pressione sulla mano in funzione del livello di accelerazione trasmesso dall'attrezzo.

Il grafico 3, tracciato ripetendo tre sessioni di prova in tempi distinti, fermo restando tutti gli altri parametri, dimostra la buona ripetibilità delle misure, in particolare per i più alti livelli di accelerazione. La deviazione standard dei dati è compresa fra 0,03 e 0,22 con una media di 0,08.

Si osserva che la pressione media di presa  $P_m$  fra mano ed impugnatura è di circa  $0,8 \text{ kg/cm}^2$ , considerando che la superficie di contatto della mano è di circa  $150 \text{ cm}^2$  (operatore 1), è possibile determinare la forza media con la quale viene bloccato l'attrezzo.

$$F_p = P_m \times A = 120 \text{ kg forza (corrispondenti a } 1177 \text{ N)}$$

Invece la pressione massima  $P_{mmax}$ , è la pressione media riferita al sensore più sollecitato durante la presa, questa vale circa  $2,5 \text{ kg/cm}^2$ , infine, con il termine pressione di picco  $P_{peak}$  si intende il valore più alto della pressione di contatto raggiunto in uno dei 16 sensori posizionati sul guanto.

Ulteriori prove sono state condotte con i due operatori, chiamati ad utilizzare lo stesso attrezzo nelle stesse condizioni. Il grafico 4, mostra i livelli di accelerazione  $a_{hw}$  in funzione del numero di giri del mandrino dotato di massa eccentrica. Come spesso accade, l'operatore più robusto registra un minor livello dell'accelerazione; la differenza diviene considerevole (25%) per i livelli più alti.

Se nelle stesse condizioni misuriamo la pressione media di presa sull'impugnatura dello strumento in funzione dell'accelerazione trasmessa alla mano, si nota che (grafico 5), all'aumentare dell'accelerazione, la risposta dell'operatore è quella di aumentare, per quanto possibile, la forza di presa e difatti l'operatore più robusto arriva in maniera crescente a  $1,1 \text{ kg/cm}^2$ , mentre il secondo addetto raggiunge il suo massimo di  $0,9 \text{ kg/cm}^2$  (differenza del 22%), quando l'accelerazione è di circa  $12 \text{ m/s}^2$  per poi calare di nuovo.

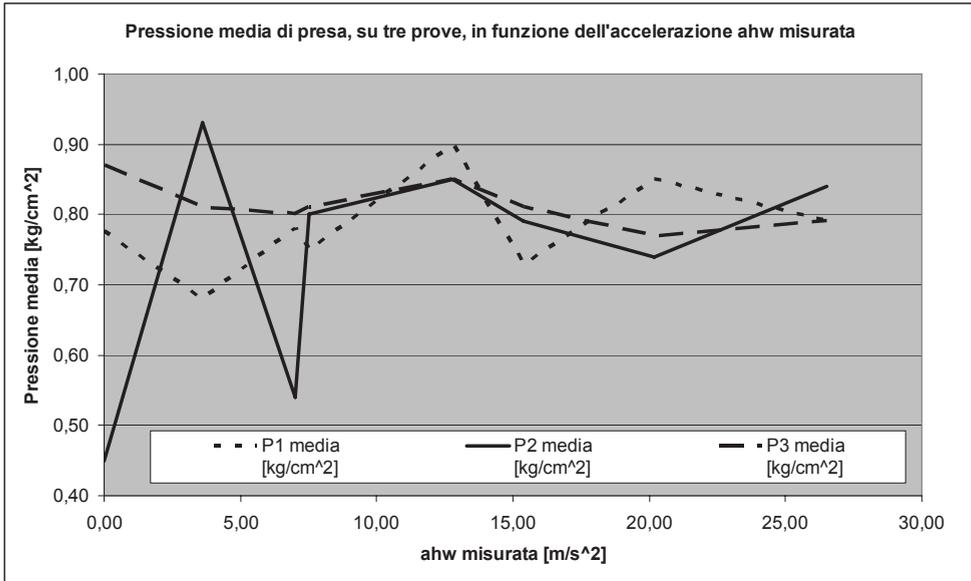


Grafico 3. Pressione media sulla mano in funzione del livello di accelerazione trasmesso dall'attrezzo, tre distinte misure svolte nelle medesime condizioni.

L'ultima considerazione è sulla forza di presa dello strumento: l'operatore più robusto ha anche una superficie della mano maggiore del 40% rispetto all'altro, quindi la forza con cui riesce a serrare l'impugnatura dello strumento vibrante (data dal prodotto della pressione media per la superficie di contatto) è complessivamente superiore del 75% circa.

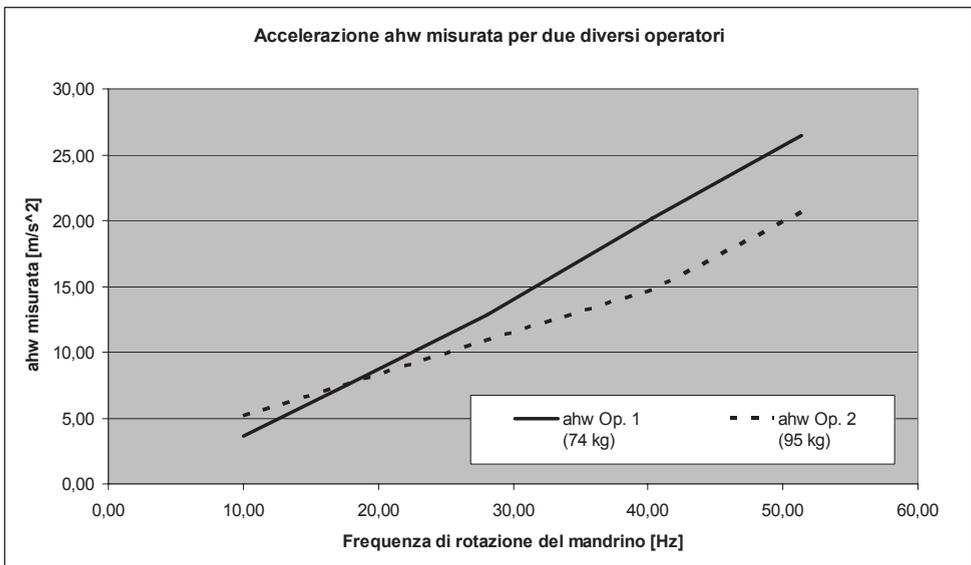


Grafico 4. Confronto dell'accelerazione misurata con operatori aventi differente struttura fisica.

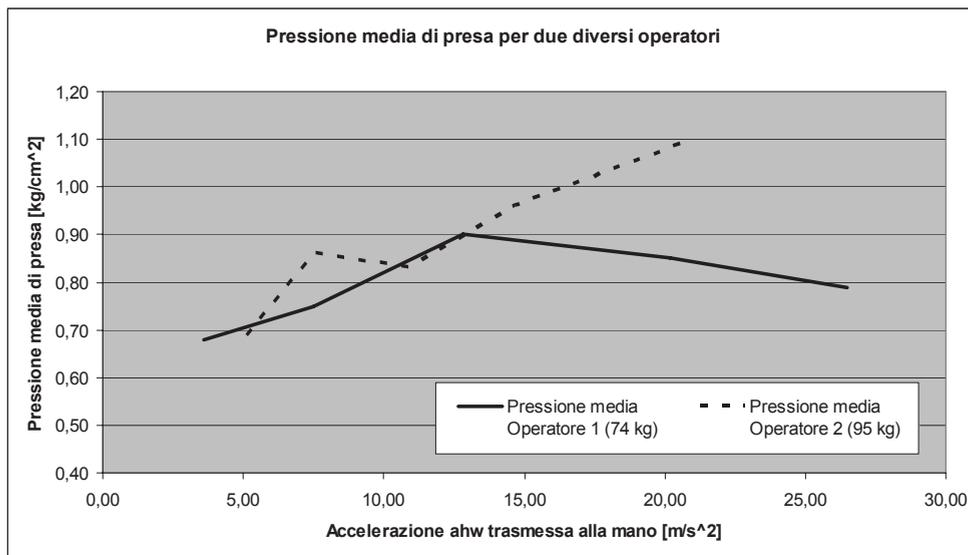


Grafico 5. Confronto della pressione di presa con operatori aventi differente struttura fisica.

### 3.3 Prove dinamiche su lavorazioni reali

Altre prove sono state condotte con vari strumenti su lavorazioni reali: due seghetti alternativi aventi caratteristiche similari *B&D KS531* da 370 watt e *Bosch PST54E* da 350 watt, una smerigliatrice rotorbitale *Casals VLR220* da 155 watt ed un trapano tassellatore *KT291* elettropneumatico da 620 watt.

I risultati, riassunti in tabella 2, permettono di fare ulteriori considerazioni sulle accelerazioni e sulla distribuzione della pressione sulla mano, in funzione dello strumento e dell'utilizzatore. Per il trapano *GSB20*, i dati si riferiscono a tre velocità, in grassetto sono evidenziati i valori più elevati.

Ordinando i risultati per accelerazioni  $a_{hw}$  crescenti, osserviamo che le differenze fra i due operatori a parità di attrezzo variano da -37% (seghetto *B&D*) a +42% (trapano *Bosch* alla velocità 11); i valori più bassi si hanno (per entrambi gli operatori) per il trapano *Bosch GSB20* usato a bassa velocità e per i due seghetti alternativi; il valore più elevato per lo stesso trapano (usato alla massima velocità), per questo la differenza fra i due operatori è del 22%. Se invece focalizziamo l'attenzione sulle pressioni medie di contatto  $P_m$ , si nota che in linea di massima, i valori più bassi si hanno per l'operatore 1, quando usa la levigatrice, i seghetti ed il trapano tassellatore, ed i valori più alti per i trapani e per la levigatrice quando usata dall'addetto 2. Anche per questo parametro, le differenze fra i due operatori sono elevate nell'uso dello stesso attrezzo e comprese fra -8% e +136%. Analogo andamento si riscontra anche per le pressioni medie sul sensore più sollecitato  $P_{m_{max}}$ ; come valori, l'operatore 2 supera i 3 kg/cm<sup>2</sup>, mentre l'operatore 1 supera i 2,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Ipotizziamo di poter correggere l'accelerazione  $a_{hw}$  tenendo conto anche della pressione media che si instaura sulla mano  $P_m$ : a titolo di esempio, moltiplichiamo brutalmente i due valori ( $a_{hw} \times P_m$ ) il nuovo indicatore fornisce un aumento del livello di rischio a carico degli attrezzi caratterizzati sia da elevate accelerazioni, sia da elevate pressioni di contatto. I valori più bassi si trovano per il trapano *Bosch GSB20* ed il seghetto *Bosch PST54E*, per entrambi gli operatori, mentre i valori massimi si hanno ancora per il Trapano *Bosch GSB20* usato ad alta velocità.

Infine, se osserviamo il rapporto fra l'accelerazione misurata e la pressione media di contatto ( $a_{hw}/P_m$ ), per lo stesso attrezzo le differenze fra i due operatori vanno da -54% a +40%. I valori minori si registrano per il trapano *Bosch GSB20* usato a bassa velocità, mentre quelli più elevati si hanno per: seghetto *B&D*, trapano *KT291* e trapano *Bosch GSB20*, (alla massima velocità), sempre quando usati dall'operatore 1.

Di fatto, l'introduzione di un fattore correttivo dell'accelerazione correlato dalla pressione di contatto, appare auspicabile, chiaramente questo deve essere determinato e verificato sulla base degli studi epidemiologici e supportato da test medici.

Tabella 2. Confronto fra i vari attrezzi ed operatori.

Attrezzo	Op.	$a_{hw}$	$Pm$	$Pm_{max}$	$a_{hw} \times Pm$	$a_{hw}/Pm$	N.
Trapano <i>BoschGSB20 (v.11)</i>	1	3,6	0,68	2,13	2,4	5,3	16-7-13-12-6-1
Seghetto <i>Bosch PST54E</i>	1	4,6	0,56	2,37	2,6	8,2	12-13-1-7-16-6
Trapano <i>BoschGSB20 (v.11)</i>	2	5,1	0,69	2,8	3,5	7,4	12-16-7-13-6-15
Seghetto <i>Bosch PST54E</i>	2	6,3	0,59	2,46	3,7	10,7	16-13-12-7-1-15
Seghetto <i>B&amp;D KS531</i>	2	6,9	0,59	2,37	4,1	11,7	16-7-13-1-12-6
Levigatrice <i>CASALS VLR220</i>	1	8,6	0,47	2,1	4,0	18,3	13-7-1-4-6-12
Levigatrice <i>CASALS VLR220</i>	2	9,7	<b>1,11</b>	<b>3,16</b>	<b>10,8</b>	8,7	2-16-7-13-9-4
Trapano Tassellatore <i>KT291</i>	2	9,85	<b>0,87</b>	<b>3,16</b>	8,6	11,3	16-13-7-2-12-6
Trapano <i>BoschGSB20 (v.21)</i>	2	10,9	0,83	<b>3,12</b>	9,0	13,1	16-9-6-7-13-12
Seghetto <i>B&amp;D KS531</i>	1	10,9	0,48	1,95	5,2	<b>22,7</b>	7-13-9-1-16-6
Trapano <i>BoschGSB20 (v.21)</i>	1	<b>12,8</b>	<b>0,9</b>	2,52	<b>11,5</b>	14,2	7-16-6-12-13-2
Trapano Tassellatore <i>KT291</i>	1	<b>13,7</b>	0,56	2,52	7,7	<b>24,5</b>	7-16-13-1-12-2
Trapano <i>BoschGSB20 (v.28)</i>	2	<b>20,6</b>	<b>1,09</b>	<b>3,6</b>	<b>22,5</b>	<b>18,9</b>	12-16-9-6-7-13
Trapano <i>BoschGSB20 (v.28)</i>	1	<b>26,5</b>	0,79	2,64	<b>20,9</b>	<b>33,5</b>	7-16-2-6-13-4

Dove:  $a_{hw}$  è l'accelerazione ponderata misurata con lo strumento *Maestro*; *Op.* è l'operatore che ha eseguito la prova (operatore 1, 74 kg; operatore 2, 95 kg);  $Pm$  è la pressione media sulla mano;  $Pm_{max}$  è la pressione media sul sensore più sollecitato;  $a_{hw} \times Pm$  è il prodotto dei due;  $a_{hw}/Pm$  è il rapporto dei due; N. sono i numeri dei sensori più sollecitati, elencati in ordine decrescente.

Le parti della mano più soggette alla pressione, si individuano osservando i valori dei singoli sensori, si nota che i punti più sollecitati sono quelli al centro del palmo (sensori 16 e 7), quelli sul dito indice (numeri 12 e 13), essendo il dito che agisce sul pulsante di accensione dell'attrezzo, quelli sul pollice (numeri 6 e 9), quelli posti all'estremità del dito mignolo e anulare (numeri 1 e 2); al contrario, risultano meno sollecitati quelli prossimi al polso (numeri 10 e 11) ed al profilo esterno del palmo (numero 14).

Il grafico 6, tracciato con i valori della tabella 2, mostra che l'aumento delle accelerazioni trasmesse dagli strumenti comporta anche un aumento della pressione di presa, anche se il valore assoluto della pressione dipende sia dalle caratteristiche fisiche dell'operatore (l'operatore 2 ha valori più alti), sia dal tipo di lavorazione e dalla modalità operativa (es. l'operatore 2 usa la levigatrice in maniera molto diversa dall'operatore 1, premendola fortemente contro il materiale in lavorazione, invece l'operatore 1 arriva ad una pressione molto elevata usando il trapano alla velocità 21).

### 3.4 Considerazioni sulla pressione di contatto rilevata dai sensori

Spostando l'attenzione su un singolo sensore, è possibile determinare la pressione per tutta la durata della prova, il grafico 7 mette a confronto i livelli di pressione sul sensore 16 (posizionato al centro della mano), nell'utilizzo del trapano *Bosch GSB20* a varie velocità di funzionamento.

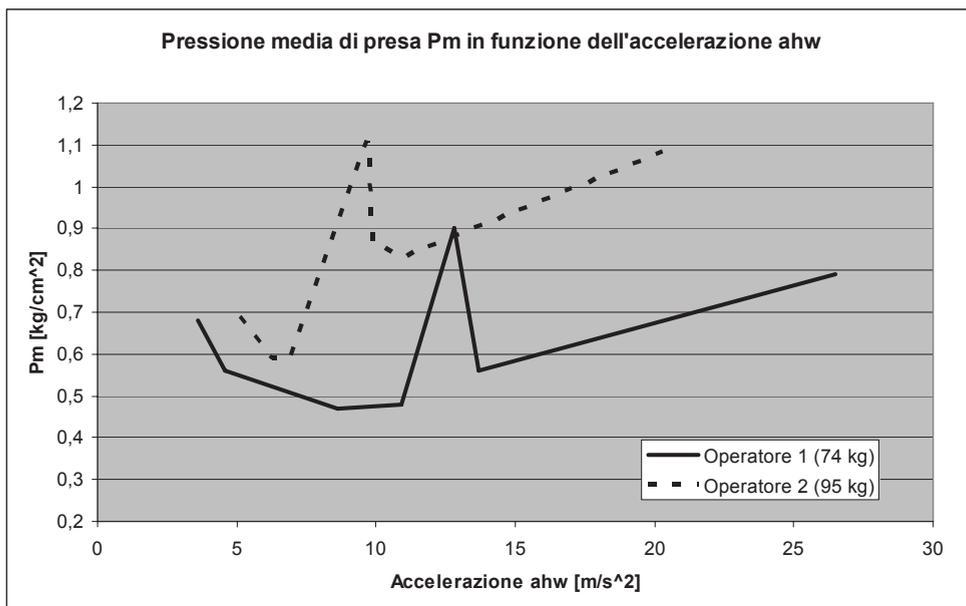


Grafico 6. Pressione media di presa in funzione dell'accelerazione, con differenti attrezzi.

Si nota che la pressione di contatto aumenta all'aumentare dell'accelerazione  $a_{hw}$  e per i valori più elevati raggiunge il limite di circa  $3,5 \text{ kg/cm}^2$ ; l'aumento in media è del 10-15% in più passando dal valore di accelerazione più basso a quello più elevato. In più, il valore della pressione, a parità di accelerazione, oscilla nel tempo mantenendosi entro una forbice di circa  $0,2 \text{ kg/cm}^2$ .

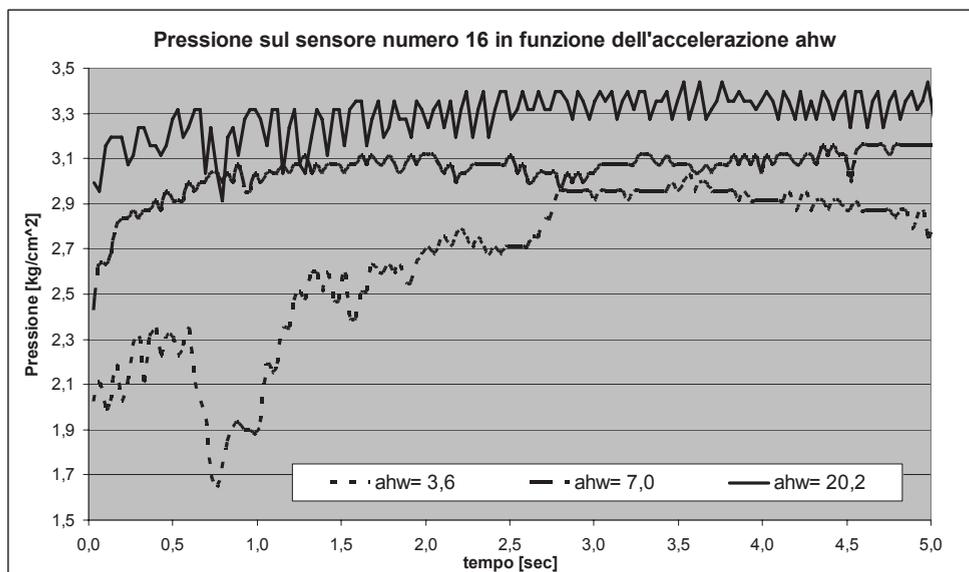


Grafico 7. Andamento della pressione su uno dei sensori in funzione di  $a_{hw}$  misurata.

#### 4. CONCLUSIONI

Le prove su alcune attrezzature da lavoro in grado di trasmettere vibrazioni al sistema mano-braccio dell'utilizzatore, sono state condotte in varie condizioni operative, da due differenti addetti e con la misura delle accelerazioni attraverso il metodo classico (accelerometro triassiale e ponderazione in frequenza); a questa misura è stata associata la misura della pressione di presa nei sedici punti della mano ritenuti più rappresentativi, determinata tramite un guanto strumentato appositamente creato.

Le prove hanno permesso di confermare che le accelerazioni  $a_{hw}$  che gli attrezzi trasmettono all'utilizzatore, a parità di tutte le altre condizioni, variano sensibilmente al variare della struttura fisica dell'utilizzatore e delle modalità di utilizzo, con differenze anche del 40 % sullo stesso attrezzo, se usato da un diverso operatore o anche se usato in maniera più o meno "energica" dallo stesso. Questa evidenza conferma ancora una volta che i valori delle accelerazioni riportati nelle banche dati o forniti dai costruttori di macchine possono essere ben poco rappresentativi se calati in situazioni anche poco differenti da quelle originarie.

La pressione di presa che l'operatore può esercitare sull'impugnatura dello strumento, dipende dalle caratteristiche anatomiche e ha come limiti circa  $3,5 \text{ kg/cm}^2$  come valore massimo sui punti più sollecitati e circa  $1,5 \text{ kg/cm}^2$  come valore medio di tutti i sensori. All'aumentare dell'accelerazione proveniente dall'attrezzo, l'operatore tende ad aumentare la presa, fino al limite fisiologico.

I punti della mano più sollecitati, cambiano in funzione della morfologia delle impugnature; per gli attrezzi esaminati, sono stati quelli ubicati al centro della mano (sensori numero 16 e 7), seguono quelli posti sul dito indice (che aziona il grilletto di accensione, sensori numero 12 e 13), poi l'estremità del mignolo e dell'anulare (sensori 1 e 2) ed infine il tenar del pollice (sensore 9), che si contrappongono ai precedenti due.

Per determinare il livello di rischio associato all'utilizzo delle attrezzature portatili vibranti, dimostrato l'effetto vasocostrittore dovuto alle vibrazioni ed anche alle semplici forze statiche di compressione dei tessuti, è opportuno considerare sia l'accelerazione ponderata in frequenza  $a_{hw}$ , che la pressione media  $P_m$  sulla mano. Infine, il valore massimo locale della pressione  $P_{m_{max}}$ , è un indicatore utile soprattutto ai costruttori di macchine, in fase di progettazione delle impugnature degli attrezzi.

#### 5. RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il collega Sergio Spinosi, per la preziosa collaborazione nelle prove con gli attrezzi.

#### BIBLIOGRAFIA

**Norma ISO 5349-1/2007:** Mechanical vibration - Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration - Part 1: General requirements.

**CEN report 12349/1996:** Mechanical vibration - Guide to the health effects of vibration on the human body.

**HSE Operational Circular O.C.246/34/2004:** Mechanical vibration and shock standards: status of BSI, CEN and ISO work at January 2004.

**Norma ISO 15230/2007:** Mechanical vibration and shock - Coupling forces at the man machine interface for hand-transmitted vibration.

**M. Bovenzi, A. J. L. Welsh, A. Della Vedova, M.J. Griffin:** Acute effects of force and vibration on finger blood flow, 2006.

**M. Bovenzi, A. C. J. Lindsell, M.J. Griffin:** Acute vascular responses to the frequency vibration transmitted to the hand. 2000.

**R. Deboli, G. Di Giulio, R. Marsili:** Nuova metodologia per il rilevamento delle vibrazioni prodotte da macchine vibranti sul sistema mano-braccio, Vieste, 2001.

**S. Zoncheddu:** Studio di matrici di sensori di tipo capacitivo per la misura delle vibrazioni trasmesse da macchinari all'uomo, 2007, Dottorato di ricerca, Università degli Studi di Perugia.

**ISPESL:** Linee guida per la valutazione del rischio da vibrazioni negli ambienti di lavoro, [www.ispesl.it](http://www.ispesl.it)

# **PERCEZIONE DEL RISCHIO LAVORATIVO NEL COMPARTO ACCONCIATORI IN TOSCANA: RISULTATI A CONCLUSIONE DELLO STUDIO**

C. BRESCHI, E. MASTROMINICO, F. PINI

INAIL – Direzione Regionale Toscana – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

La CONTARP Toscana ha portato a termine, insieme all'ISPO (ex CSPO), la fase del progetto di ricerca sul rischio lavorativo nel comparto acconciatori relativa alla somministrazione del questionario conoscitivo e valutativo della percezione del rischio. Il lavoro presenta i dati derivanti dall'elaborazione dei 228 questionari relativi a lavoratori di 112 saloni ed in particolare completa l'analisi sulla percezione del rischio in ambiente lavorativo. Per ottenere una mappa dei rischi in acconciatura, che tenga conto anche di rischi particolari quali quelli da stress lavoro-correlato, sono esaminati anche l'atteggiamento verso il lavoro e i fattori psicosociali. Ciò anche al fine di fornire utili elementi per realizzare, insieme a CNA-Federacconciatori, interventi formativi per gli addetti del Settore.

## **SUMMARY**

Toscana CONTARP, together with ISPO (ex CSPO), has carried out a research project about the evaluation of the risk perception among hairdresser workers. The research has been made by analyzing 228 specific questionnaires submitted to 112 hairdresser shops. Results show a comprehensive analysis of risk perception at work. In order to have a wide map of the hazards, including work-related stress risks, psychosocial factors and personal attitudes towards the work have been taken into consideration. One of the aims of the project was, in fact, to provide useful data for professional trainings, to be realized together with CNA-Federacconciatori.

## **1. CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE DI SALONI E DI ADDETTI INTERVISTATI**

La fase del progetto di studio sul comparto acconciatori condotta dalla CONTARP Toscana in collaborazione con l'Istituto Scientifico Prevenzione Oncologica (ISPO) ha riguardato la valutazione, mediante somministrazione di un questionario, dell'ambiente e delle modalità di lavoro degli addetti, oltre che della percezione che essi hanno del rischio lavorativo. I primi risultati dell'elaborazione del questionario sono stati presentati al V Seminario di aggiornamento CONTARP (Breschi *et al.*, 2007). A conclusione dello studio sono riepilogati di seguito i risultati finali relativi a 228 intervistati di 112 diversi saloni. Le donne intervistate, 159, costituiscono il 69.7% del totale. I datori di lavoro sono 126, mentre 102 sono dipendenti, apprendisti o collaboratori familiari.

Il numero dei saloni con uno o due addetti costituisce il 61% del campione; la percentuale di questionari rientrati per la classe uno e due addetti è del 41% (93 addetti contro i 228 totali) con il 55% dei questionari compilato dai titolari.

La Figura 1 evidenzia la distribuzione dei questionari rientrati per classi di addetti dei saloni del campione. Resta confermata la tendenza alla diminuzione del numero dei questionari rientrati all'aumentare del numero dei dipendenti, se si eccettua il salone con 10 addetti, in cui tutti i questionari sono rientrati.

Dei 112 saloni esaminati, l'84% è costituito da uno o due locali. I saloni dotati di ricambi d'aria forzata, uno degli elementi significativi per la salute e l'igiene dei luoghi di lavoro, sono il 29% del totale; scendono al 23% se prendiamo il sottoinsieme dei saloni piccoli costituiti da uno o due locali. Infine, quando l'aerazione forzata è presente viene quasi sempre accesa (81% dei casi).

La cappa di aspirazione non è molto diffusa, è presente in 32 saloni su 112, ossia nel 29% dei casi circa, esattamente come per l'aerazione forzata presente nel 27% dei saloni piccoli, con uno o due locali.

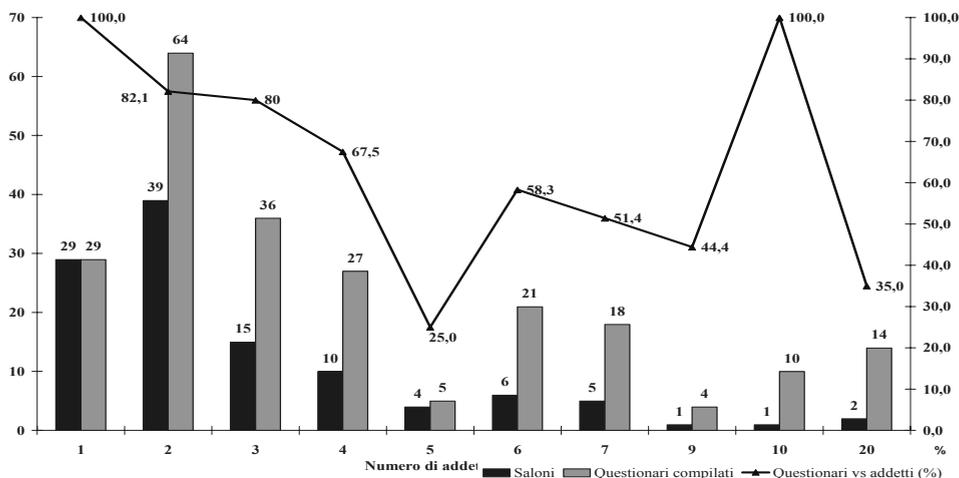


Figura 1: Distribuzione, per classi di addetti, dei saloni del campione e dei questionari compilati

E' opportuno però segnalare che, alla domanda relativa al tempo di accensione della cappa, solo tre titolari hanno dichiarato di accendere la cappa saltuariamente, mentre in 21 saloni viene tenuta sempre accesa per la preparazione delle tinture.

Il 60% degli intervistati si colloca nella fascia di età 20-40, mentre il 21% ha più di 50 anni. Solo quattro addetti (tutti apprendisti) hanno meno di 20 anni. L'anzianità lavorativa degli intervistati è invece medio-alta: il 68% lavora da più di 15 anni, di cui il 45% da oltre 30; ciò in ragione della giovane età a cui normalmente si inizia questo mestiere. Il 41% dei titolari ha un'anzianità lavorativa tra i 15 e i 30 anni, mentre il 49% lavora da oltre 30 anni; il 31% dei dipendenti lavora da 15-30 anni. Per quanto riguarda la distribuzione per fasce di età delle qualifiche degli intervistati, la percentuale dei titolari aumenta ovviamente con l'età: nella fascia 20 -29 i titolari rappresentano solo il 7% del totale degli stessi, mentre sopra i 40 anni diventano il 57%. Fra questi il 58% ha oltre 50 anni. I dipendenti che superano i 30 anni rappresentano il 40% del totale, quelli che superano i 40 costituiscono il 12 % del campione. Questo conferma che il periodo fra i 30 e i 40 anni diventa così per i dipendenti decisivo per mettersi in proprio.

Il 74% degli intervistati ha conseguito il diploma della scuola di acconciatori; in particolare, hanno il diploma l'83% dei titolari e il 62% dei dipendenti. Relativamente alle mansioni svolte in base all'anzianità lavorativa l'unico elemento discriminante è il taglio, in genere appannaggio del titolare e del dipendente anziano. Infatti, tale compito viene svolto solo dal 15% degli addetti con anzianità lavorativa inferiore ai 5 anni, dal 70% di quelli che lavorano da 5-15 anni, dal 90% degli intervistati con anzianità lavorativa di oltre 15 anni. La tintura ed il lavaggio, che richiedono capacità professionali inferiori, sono invece le mansioni prevalenti dei più giovani, essendo svolte complessivamente dal 95% di coloro che lavorano da meno di 15 anni. D'altra parte, visto che in più della metà dei saloni lavorano una o due persone, anche chi ha più esperienza non si sottrae a queste mansioni, che sono svolte dall'89% del campione con anzianità lavorativa maggiore di 15 anni.

## 2. ATTEGGIAMENTO VERSO IL LAVORO

Per meglio inquadrare la percezione del rischio nel contesto lavorativo preso in esame, si procederà a descrivere alcuni aspetti caratterizzanti gli intervistati, quali appunto l'atteggiamento verso il

lavoro. Si conferma il grande interesse degli intervistati per il lavoro svolto: il 98% dei dipendenti ed il 94% dei titolari è molto o abbastanza interessato. Complessivamente il 66% degli intervistati dichiara di essere molto interessato al proprio lavoro. In termini di soddisfazione per la retribuzione il gradimento diminuisce notevolmente: solo il 7% dei titolari ed il 4% dei dipendenti si dichiara molto soddisfatto mentre la metà lo è abbastanza. Quasi il 30% degli intervistati è invece poco soddisfatto della propria retribuzione. D'altra parte l'impiego viene percepito come molto o abbastanza sicuro dall'83% dei titolari e da oltre il 90% dei dipendenti. Da evidenziare però un 12% di titolari che ritiene il proprio impiego poco o per niente sicuro. L'elemento fatica è più significativo per i datori di lavoro: quasi il 21% dei titolari ritiene infatti il proprio lavoro molto faticoso (a fronte di un 16% dei dipendenti) ed il 55% lo reputa abbastanza faticoso (contro il 50% dei dipendenti).

L'ambiente di lavoro è considerato molto o abbastanza buono da quasi il 90% dei titolari e dal 92% dei dipendenti. Il rapporto con i colleghi è molto o abbastanza buono per oltre il 96% dei titolari e per quasi il 90% dei dipendenti.

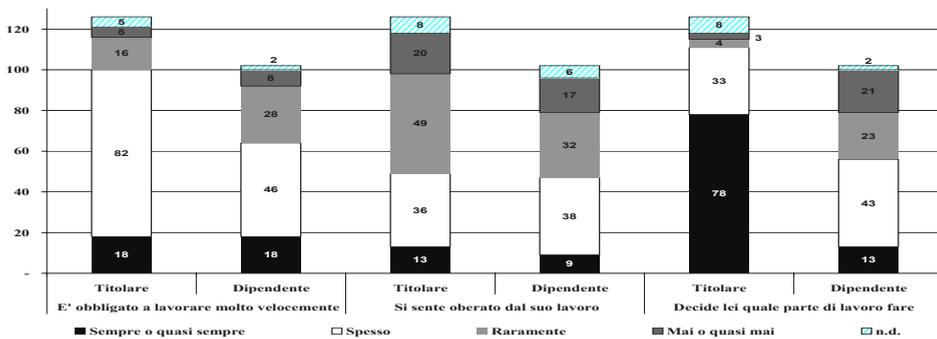


Figura 2: Condizioni di lavoro percepite da titolari e dipendenti

In Figura 2 sono esaminati alcuni aspetti organizzativi del lavoro. I titolari, sentendo probabilmente di più la responsabilità del proprio lavoro, si sentono obbligati a lavorare sempre o spesso con velocità per il 79%, contro un 62% dei dipendenti. D'altra parte i titolari si sentono sempre o spesso oberati dal lavoro per il 39%, mentre un altro 39% si sente raramente oberato. Per i dipendenti la situazione è peggiore, in quanto ben il 46% si sente sempre o spesso oberato dal proprio lavoro. Questi due aspetti sono strettamente correlati al grado di autonomia nello svolgimento dei vari compiti: i titolari infatti per quasi il 90% decidono in modo pressoché autonomo quale parte del lavoro fare, contro poco più della metà dei dipendenti.

### 3. FATTORI PSICOSOCIALI

Nelle figure seguenti sono messi a confronto il coinvolgimento, in termini temporali e di impegno, con la possibilità di dedicare del tempo ad attività extralavorative.

La Figura 3 evidenzia che il lavoro svolto occupa gran parte del tempo a disposizione: oltre il 60% dei dipendenti e dei titolari ha infatti poco tempo da dedicare ad attività extralavorative e addirittura quasi il 20% dei titolari dichiara di non avere assolutamente tempo libero. Togliendo il tempo per mangiare (il 65% degli intervistati ne ha molto o abbastanza) e per riposarsi (in questo caso solo la metà ha tempo sufficiente da dedicare al riposo), la possibilità di dedicarsi ad attività relazionali, culturali e di svago viene percepita come descritto nei due grafici seguenti; in essi gli intervistati sono stati raggruppati in quanto non si rilevavano differenze significative tra le risposte dei titolari e quelle dei dipendenti. Per una corretta interpretazione delle risposte occorre tenere presente il fatto che, dei 228 intervistati, 159 (69.7%) sono donne.

Come illustrato in Figura 4, per la cura dei rapporti col partner e con i familiari oltre la metà degli intervistati dichiara di avere molto o abbastanza tempo, anche se quasi il 41% ne ha poco. Per i

rapporti con gli amici il tempo è invece minore: quasi il 50% dei lavoratori dichiara di avere poco tempo, a fronte di un 42% che ritiene di averne molto o abbastanza.

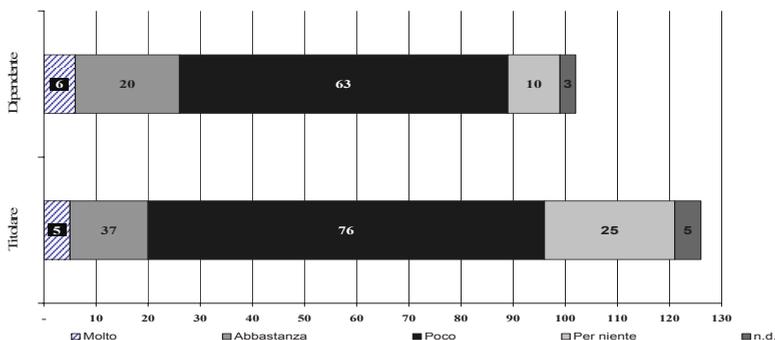


Figura 3: Possibilità di dedicare tempo ad attività extralavorative.

La possibilità di dedicarsi a migliorare le proprie conoscenze è invece ridotta al minimo: circa il 65% degli intervistati dichiara di dedicarsi poco o per niente a letture, iniziative culturali, ecc., mentre solo il 30% dichiara di avere molto o abbastanza tempo per farlo.

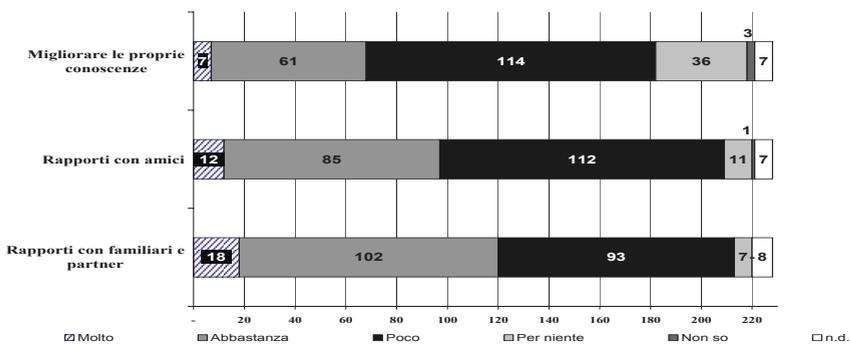


Figura 4: Disponibilità di tempo per attività extralavorative (1)

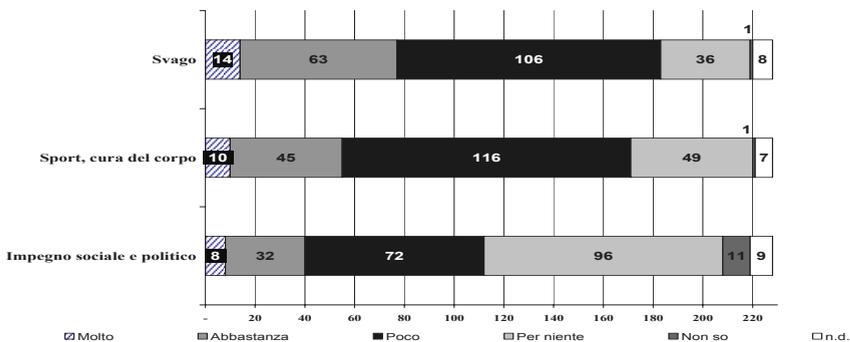


Figura 5: Disponibilità di tempo per attività extralavorative (2)

Ancora inferiore è il tempo libero per dedicarsi all'impegno sociale e politico (Figura 5): oltre il 73% dichiara di dedicarsi poco o per niente, e solo il 17,5% molto o abbastanza. Parimenti, anche il tempo per lo sport e la cura del corpo viene percepito come molto limitato: il 73,5% dichiara di avere poco tempo o di non averne affatto, contro un 24% che ne ha molto o abbastanza. Una

situazione leggermente migliore si verifica con lo svago: quasi il 34% dei lavoratori ha molto o abbastanza tempo per dedicarvisi, anche se un 62% ne ha poco o non ne ha affatto.

#### 4. LA PERCEZIONE DEL RISCHIO

Dall'analisi dei dati raccolti è emerso il profilo di un comparto nel quale i lavoratori ritengono le attività svolte sicure. Infatti, l'82,9% degli intervistati non ha mai pensato di desiderare di fare un lavoro meno pericoloso, l'80,7% del campione, pensando al proprio lavoro, non ha paura di infortunarsi, mentre il 68,9% dichiara di non aver paura di contrarre in futuro malattie professionali. Di conseguenza, nonostante l'83,3% dei datori di lavoro intervistati abbia conseguito il diploma della scuola professionale per acconciatori, dove si affrontano anche temi relativi all'igiene e alla sicurezza sul lavoro, l'attenzione a questi aspetti non risulta essere una preoccupazione primaria. Solo 31 intervistati su 118 (ovvero il 26,3% dei datori di lavoro) hanno dichiarato di aver sviluppato iniziative specifiche in tema di salute e sicurezza sul lavoro indirizzate ai dipendenti. Le iniziative messe in atto sono riportate nel grafico di Figura 6.

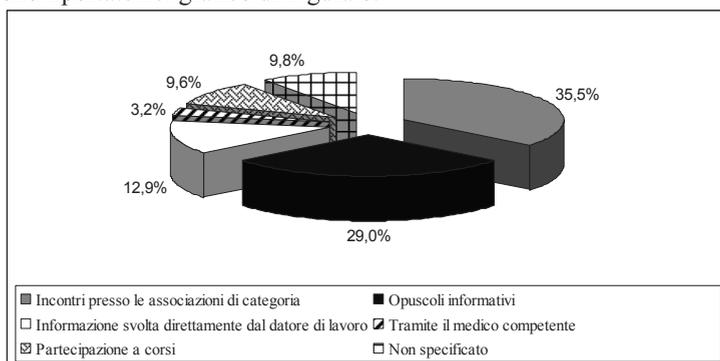


Figura 6: Iniziative in materia di salute e sicurezza sul lavoro sviluppate dai datori di lavoro e dirette ai lavoratori.

Tuttavia, nel 50% dei casi i datori di lavoro intervistati dichiarano che i propri dipendenti prestano un'adeguata attenzione alle informazioni che gli vengono trasmesse e nel 42,2% dei casi i datori di lavoro non incontrano difficoltà nel far rispettare l'obbligo di uso dei DPI.

	N. intervistati	%
Migliore	132	57,9
Uguale	87	38,2
Non risponde	9	3,9
Totale	228	100

Per quanto riguarda i dipendenti, quasi il 48% degli intervistati dichiara di ricevere informazioni molto accurate dal proprio datore di lavoro, mentre per il 41% le informazioni ricevute sono abbastanza

accurate. Inoltre, il 51% dei dipendenti dichiara di conoscere il D.Lgs. 626/94<sup>3</sup>, mentre solo il 22,5% dichiara di conoscere la L. 25/02<sup>1</sup>.

Sia datori di lavoro che dipendenti ritengono che il salone nel quale lavorano sia a norma per quanto riguarda gli obblighi previsti dalla normativa in materia di salute e sicurezza. Infatti, è stato chiesto agli intervistati di dare una valutazione da 0 a 10 del proprio ambiente di lavoro ed il voto medio attribuito è abbastanza elevato, pari a 7,8, mentre, come descritto in Tabella 1, il 57,8% del campione ritiene che, rispetto alla situazione più comune nelle aziende del settore, il livello di sicurezza nel proprio salone sia indubbiamente migliore. Ciò anche se, come si evince dalla Figura 7, nel 47,4% dei casi non ci sono stati cambiamenti nell'ambiente di lavoro negli ultimi anni.

<sup>3</sup>La somministrazione del questionario è cominciata nel 2005, prima dell'entrata in vigore del D. Lgs. 81/08 e, pertanto, i rimandi alle norme in materia di salute e sicurezza sul lavoro in esso contenuti erano riferiti alla normativa all'epoca vigente.

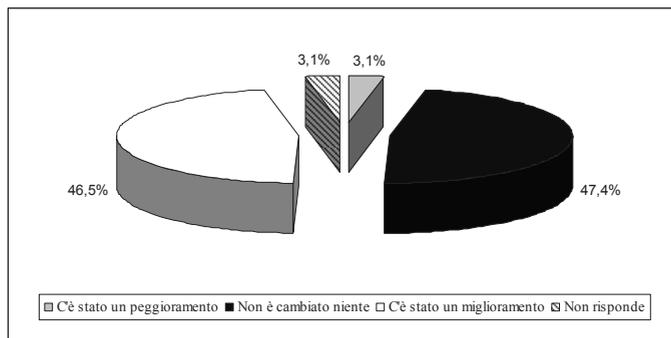


Figura 7: Risposte alla domanda “Nel salone in cui lavora attualmente, negli ultimi anni, per gli aspetti relativi all'ambiente di lavoro, ci sono stati cambiamenti?”

Pur attribuendo in linea generale punteggi complessivamente abbastanza alti al proprio ambiente di

Tabella 2. Punteggio attribuito ai fattori di rischio presenti nell'ambiente di lavoro

Fattori di rischio	Voto medio
Postura in piedi per tempi lunghi	8,5
Movimenti ripetuti degli arti superiori	8,1
Stress mentale	6,3
Fatica fisica	5,9
Rumore	4,8
Caldo	3,1
Sostanze nocive	3,1
Fumi, esalazioni	2,4
Umidità	2,2
Campi elettromagnetici	2,2
Polveri	2,1
Carenza di illuminazione naturale	2
Freddo	1,4
Spazi ristretti	1,2
Attrezzature pericolose	1,2
Sporczia	0,4
Fumo passivo da tabacco	0,1

lavoro e non riscontrando deficienze rilevanti (impianti di aspirazione, sistemi di aereazione, presenza di estintori, presenza di DPI, ecc. vengono generalmente ritenuti adeguati), gli intervistati percepiscono un malessere legato alla qualità del proprio lavoro che può ripercuotersi sulla salute personale. E' stato chiesto agli acconciatori del campione di individuare con un voto da 0 a 10 in quale misura ritenevano che alcuni fattori di rischio fossero presenti all'interno del proprio ambiente di lavoro e i risultati delle valutazioni sono riassunti in Tabella 2. Un posto preminente nella classifica dei rischi percepiti appare occupato dal rischio posturale e da quello da movimenti ripetuti degli arti superiori, seguiti dallo stress, mentre il rischio derivante dalla presenza/manipolazione di sostanze pericolose (voto medio=3,1), pur interessando pressoché in ugual modo dipendenti e datori di lavoro, tutti coinvolti, anche se in diversa misura, nelle fasi di tintura, permanente e colpi di sole, non viene percepito come

significativo, ma viene addirittura considerato un rischio meno probabile rispetto all'esposizione al rumore.

Nell'86,8% dei saloni negli ultimi 3 anni non risultano denunciate malattie correlabili al lavoro, anche se il 46% degli intervistati ha dichiarato di aver avuto nell'ultimo anno dolori a carico delle spalle con limitazione dei movimenti, mentre il 32,9% del campione ha dichiarato di aver avuto nell'ultimo anno dolori ai polsi ed il 27,6% ha avuto dermatiti.

La combinazione di questi dati mostra in generale come vi sia una tendenza a sottostimare i rischi di malattia professionale, le cui fonti in alcuni casi sono difficilmente rintracciabili o visibili (uso di sostanze pericolose), in altri (postura, movimenti ripetuti degli arti superiori) sembrano non essere considerati una conseguenza del modo di lavorare, ma piuttosto qualcosa di strettamente connesso all'atto stesso di svolgere un'attività lavorativa.

E' stato, inoltre, chiesto agli intervistati di esprimere il grado di accordo o di disaccordo con alcune affermazioni relative alla sicurezza sul lavoro e i risultati delle risposte fornite mettono in evidenza altri aspetti interessanti.

In primo luogo, nell'89,4% dei casi vi è la convinzione più o meno radicata che le norme siano nella loro applicazione pedissequa un fatto che di per sé esclude il rischio di infortunio (Tabella 3).

L'80,7% degli intervistati si dice in disaccordo nel tracciare una relazione tra sicurezza e conseguente "appesantimento" del lavoro.

Tabella 3. Se si seguono scrupolosamente le norme non ci si infortuna		
	N. intervistati	%
Completamente d'accordo	107	46,9
Abbastanza d'accordo	97	42,5
Abbastanza in disaccordo	12	5,3
Completamente in disaccordo	2	0,9
Non so	2	0,9
Non risponde	8	3,5
Totale	228	100,0

Tabella 4. La sicurezza appesantisce lo svolgimento del lavoro		
	N. intervistati	%
Completamente d'accordo	101	44,3
Abbastanza d'accordo	83	36,4
Abbastanza in disaccordo	27	11,8
Completamente in disaccordo	6	2,6
Non so	3	1,3
Non risponde	8	3,5
Totale	228	100,0

Tuttavia, il 20% circa del campione ritiene che gli interessi dei datori di lavoro possano impedire di realizzare buone condizioni di sicurezza, mentre, come riportato in Tabella 5, il 20,6% degli intervistati ritiene che le assenze dal posto di lavoro dovute ad infortunio possano compromettere la sicurezza del posto di lavoro o, nel 36,4% dei casi, essere causa di problemi con i compagni di lavoro.

Tabella 5. A suo giudizio, le assenze dal posto di lavoro dovute a infortunio possono	
	%
compromettere la sicurezza del posto di lavoro	20,6
essere causa di noie o problemi con i compagni di lavoro	36,4
Non risponde	43,0
Totale	100,0

Inoltre, il 70% circa degli intervistati ritiene che gli infortuni dipendano spesso dalla distrazione dei lavoratori. Ciò rivendica la convinzione che "saper fare" il proprio lavoro è condizione per evitare gli infortuni o le malattie, ma tale convinzione non necessariamente porta all'uso di una maggiore cautela durante lo svolgimento dei

vari compiti. Infatti, per es., l'87,7% degli intervistati usa i guanti durante le operazioni di tintura, ma in media li sostituisce solo una volta al giorno e non alla fine di ogni operazione.

## 5. CONCLUSIONI

Il metodo di lavoro seguito per la realizzazione di questo studio, cioè la messa a punto e validazione, insieme all'ISPO ma anche agli stessi addetti al comparto, di un questionario su tutti gli aspetti sia strutturali-organizzativi che di percezione del rischio e psicosociali, ha consentito al gruppo di lavoro di individuare gli elementi che influenzano maggiormente i comportamenti sul lavoro in un comparto caratterizzato per lo più da micro imprese. I risultati conseguiti ed in particolare l'elevato grado di partecipazione degli addetti alla ricerca ci consentono di affermare che il metodo individuato può essere esportato anche ad altri comparti produttivi o di fornitura di servizi, quale strumento di indagine volto alla tutela globale del lavoratore.

## BIBLIOGRAFIA

**C. Breschi, E. Mastrominico, F. Pini:** Percezione del rischio lavorativo nel comparto acconciatori in toscana: primi risultati. V Seminario di aggiornamento dei professionisti CONTARP. Taormina 06-08/11/2007.

**L. Miligi, A. Martini, A. Benvenuti, E. Innocenti:** Indagine conoscitiva sul comparto acconciatori nella provincia di Firenze – Relazione finale. Istituto Scientifico Prevenzione Oncologica, Firenze. Dicembre 2008



# **IL LAVORO NEL SETTORE DELL'ACCONCIATURA ED IL RISCHIO DI MALATTIA PROFESSIONALE: RISULTATI FINALI DELLO STUDIO CONDOTTO IN TOSCANA**

C. BRESCHI<sup>1</sup>, E. MASTROMINICO<sup>1</sup>, F. PINI<sup>1</sup>, L. MILIGI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAIL – Direzione Regionale Toscana – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>ISPO (Istituto Scientifico Prevenzione Oncologica) – Regione Toscana

## **RIASSUNTO**

La CONTARP Toscana ha portato a termine, insieme all'ISPO (ex CSPO), il progetto di ricerca sul rischio lavorativo nel comparto acconciatori che ha previsto la somministrazione di un questionario per la raccolta di dati sulle caratteristiche di igiene e sicurezza dei locali di lavoro, sulle condizioni di salute e sulle modalità di lavoro degli operatori del settore.

Il lavoro presenta i risultati dello studio condotto su 228 lavoratori di 112 saloni ubicati in provincia di Firenze attraverso una descrizione delle malattie e dei disturbi di probabile origine lavorativa. L'obiettivo è duplice: da un lato presentare un quadro completo dei rischi del comparto, dall'altro individuare, in un settore caratterizzato da imprese artigiane per lo più piccolissime, un approccio alle problematiche di salute e sicurezza sul lavoro capace di integrare in un unico quadro concettuale tutte le componenti che giocano un ruolo all'interno di un contesto di lavoro (la componente tecnica, l'uomo, gli aspetti organizzativi).

## **SUMMARY**

Toscana CONTARP has carried out, together with ISPO (former CSPO), a research project about working risk in the hairdressers sector that involved the filling up of a questionnaire for the collection of data on the features of hygiene and safety of the working place, on the health conditions and on the work procedures adopted. The paper presents the results obtained by analyzing the answers of 228 workers of 112 hairdresser shops located in the province of Florence through a description of the diseases of probable working origin. The objective is double: on one hand to present a complete picture of the sector risks, on the other to identify, in an area characterized from artisan enterprises, mainly very small, an approach to the problems of health and safety able to integrate all the components that play a role inside a work context (the technical component, the man, the organizing aspects).

## **1. ANALISI DELLE PATOLOGIE E DEI DISTURBI EVIDENZIATI**

L'analisi dell'andamento tecnopatologico nel settore acconciatura, preliminare all'avvio dello studio, aveva evidenziato a livello nazionale un numero costante di denunce di malattia professionale (tra 160 e 200 all'anno nel periodo 1994-2000), con una inversione netta di tendenza negli anni 2003 e 2004, dovuta probabilmente all'aumento delle richieste di riconoscimento delle malattie a carico dell'apparato muscolo-scheletrico. Tra le denunce, la prevalenza era di malattie lavoro correlate oramai note, vale a dire cutanee e osteoarticolari. Relativamente al fenomeno tecnopatologico, lo studio appena concluso ha avuto come obiettivo l'individuazione delle tipologie di malattie e disturbi correlabili all'attività lavorativa sulla base delle descrizioni fornite dai soggetti intervistati e indipendentemente da una eventuale denuncia all'INAIL. Dalle risposte fornite dai 228 intervistati di 112 diversi saloni della provincia di Firenze emerge infatti che solo 5 lavoratori (2,2%) hanno presentato, nel corso della loro carriera, domanda di riconoscimento di malattia professionale.

In Tabella 1 sono riportate le patologie o i disturbi cutanei, delle vie aeree e degli occhi dichiarati dagli intervistati, con la specifica del sesso, dell'età anagrafica e dell'anzianità lavorativa e della qualifica. Di questi la patologia più frequente è la dermatite, che colpisce il 28% degli intervistati ed in particolare le donne (48 su 159) e circa in ugual misura i dipendenti e i datori di lavoro. Gli

starnuti ed il naso chiuso sono disturbi dichiarati da circa il 10%, mentre l'asma da quasi l'8% degli intervistati, con una prevalenza delle donne. La congiuntivite colpisce invece equamente uomini e donne. Gli intervistati che hanno evidenziato un disturbo hanno un'età media compresa tra 36 e 45 anni, con una anzianità lavorativa media di 19-28 anni (da considerare che l'età media degli intervistati è 39.7 anni, che l'età media di inizio lavoro è  $16 \pm 3$  anni e che il 68% lavora da oltre 15 anni). Relativamente alla qualifica, ad eccezione delle dermatiti non si rilevano differenze significative nell'insorgenza di disturbi.

Tabella 1 Patologie e disturbi dichiarati

Patologie	N. casi			Età anagrafica		Anzianità lavorativa		Qualifica	
	M (%)	F (%)	Totali (%)	Media	Dev. St.	Media	Dev. St.	Titolare (%)	Dipendente (%)
<b>Dermatite</b>	15 (21.7)	48 (30.1)	63 (28)	36	12	19	12	31 (24.69)	32 (31.4)
<b>Starnuti, naso chiuso</b>	8 (11.6)	16 (10)	24 (10.5)	41	15	25	16	14 (11.1)	10 (9.8)
<b>Asma</b>	3 (4.3)	15 (9.4)	18 (7.9)	45	14	28	16	10 (7.9)	8 (7.8)
<b>Congiuntivite</b>	8 (11.6)	19 (11.9)	27 (11.8)	36	13	20	14	13 (10.3)	14 (13.7)

Gli intervistati ritengono che le dermatiti siano causate dal lavaggio e dalla tintura e, in misura minore, dall'esecuzione di permanenti e di colpi di sole. Gli starnuti ed il naso chiuso sarebbero invece provocati soprattutto dall'impiego e applicazione dei coloranti. mentre sulle cause dell'asma pochi si esprimono. La correlazione tra questi disturbi delle vie aeree e l'abitudine al fumo non sembra significativa: dei 42 casi complessivi solo 9 riguardano fumatori (su 102 totali) e altrettanti ex fumatori (su 48 totali). Per quanto riguarda infine la congiuntivite, anche in questo caso la responsabilità principale viene attribuita all'impiego dei coloranti e, in ugual misura, alle sostanze impiegate per le permanenti ed i colpi di sole, ma anche agli shampoo e balsami.

Secondo quanto dichiarato, le dermatiti e gli starnuti e naso chiuso scompaiono per oltre la metà degli intervistati una volta lontani dal lavoro, mentre l'asma e la congiuntivite scompaiono solo per poco meno del 30%.

Per quanto concerne la patologie muscoloscheletriche sono state fatte domande mirate ai disturbi verificatisi nell'ultimo anno, con particolare riferimento a patologie relative alla postura incongrua e prolungata in piedi (dolore acuto con blocco della colonna vertebrale e dolore a carico delle spalle) e ai movimenti ripetuti (dolore a polsi o gomiti e formicolii alle dita delle mani). Le patologie evidenziate sono riepilogate in Tabella 2.

Tabella 2 Patologie e disturbi dichiarati a carico dell'apparato muscoloscheletrico

Patologie	N. casi			Età anagrafica		Anzianità lavorativa		Qualifica	
	M (%)	F (%)	Totali (%)	Media	Dev. St.	Media	Dev. St.	Titolare (%)	Dipendente (%)
<b>Dolore acuto con blocco della colonna vertebrale</b>	9 (13)	27 (17)	36 (15.7)	41	14	25	16	21 (16.7)	15 (14.7)
<b>Dolore a carico delle spalle con limitazione dei movimenti</b>	30 (43.5)	75 (47.2)	105 (46)	41	13	26	14	68 (53.9)	37 (36.3)
<b>Dolore a polsi o gomiti</b>	15 (21.7)	60 (37.7)	75 (32.9)	40	12	25	13	46 (36.5)	29 (28.4)
<b>Formicolii alle dita delle mani</b>	10 (14.5)	57 (35.8)	67 (29.4)	41	12	26	14	42 (33.3)	25 (24.5)

L'incidenza delle patologie a carico dell'apparato muscoloscheletrico è significativa: in particolare quasi la metà degli intervistati (46%) ha dichiarato di aver avuto un dolore a carico delle spalle con limitazione dei movimenti. I datori di lavoro sono maggiormente interessati dal fenomeno (quasi il 54% rispetto al 36% dei dipendenti) probabilmente perché in genere si occupano in modo specifico del taglio ed effettuano anche molte asciugature a phon e sono mediamente più anziani. Il test del Chi-quadrato ha evidenziato  $\chi^2= 8.0871$ ,  $p= 0.0045$ . Quasi il 16% è stato affetto da dolori alla schiena con blocco della colonna vertebrale. Relativamente ai disturbi legati ai movimenti ripetuti, quasi il 33% degli intervistati lamenta dolore a polsi o gomiti e quasi il 30% formicolii alle dita delle mani. Analizzando i dati col test del Chi-quadrato emerge che le donne sono maggiormente soggette ai formicolii ( $\chi^2= 10.3964$ ,  $p= 0.0013$ ) e al dolore a polsi o gomiti ( $\chi^2= 5.4616$ ,  $p= 0.0194$ ). Questi disturbi, spesso segnalati contemporaneamente nelle interviste, si manifestano in media intorno ai 40 anni, quando gli intervistati hanno maturato un'anzianità lavorativa media di 25-26 anni. Si tratta in ogni caso di fenomeni che, almeno per la metà, sono per ora transitori e quindi recuperabili con oculate iniziative a fini prevenzionali: in media il 56% degli intervistati ha dichiarato infatti che i disturbi scompaiono quando non viene svolta attività lavorativa.

Oltre le domande chiuse, agli intervistati è stata data la possibilità di segnalare altri disturbi o patologie specifiche; tra quelle relative all'apparato muscoloscheletrico risultano significativi i dolori e/o gonfiori alle gambe (38 casi), sia continui che intermittenti (legati o al lavoro eccessivo o al periodo estivo), il dolore alla schiena senza blocco e/o artrite e periartrite alle spalle (16 casi) e le tendiniti (13 casi). Solo in due casi è stato segnalato lo stress.

Alle donne sono state poi rivolte domande relativamente alla salute riproduttiva. Il 45% delle lavoratrici ha avuto figli (di cui il 61% uno solo) da quando svolge l'attività di parrucchiera. Il 90,3% delle nascite è avvenuta a termine. 22 donne (13.8%) hanno poi avuto aborti spontanei, di cui la metà uno solo ed otto (36.4%) due. I casi di malformazioni sono stati due.

## 2. PATOLOGIE ED ELEMENTI STRUTTURALI E ORGANIZZATIVI

Oltre alla correlazione delle risposte sullo stato di salute con il sesso, l'età anagrafica e l'anzianità lavorativa dell'operatore, si è provato a valutare una possibile interazione tra i disturbi e le patologie dichiarate con le modalità di organizzazione del lavoro, al fine di progettare interventi formativi e informativi ad hoc.

Non è stato però possibile fare correlazioni tra le patologie dichiarate e le mansioni svolte, in quanto, trattandosi per la maggior parte di microimprese con in media due addetti per salone, fatta eccezione per il taglio, in genere appannaggio del titolare, le altre mansioni vengono svolte in modo pressoché indistinto da tutti. Alla domanda aperta relativa alla descrizione delle mansioni svolte, 55 lavoratori hanno risposto “Tutto” e la quasi totalità delle risposte indicava in modo più esteso lo stesso concetto. Analogamente non è possibile mettere in relazione le patologie con il numero di clienti serviti, sia per la ritrosia dei datori di lavoro a fornire tale informazione, sia per la effettiva difficoltà nella valutazione della ripartizione giornaliera dei clienti; dalle informazioni ricevute risulta comunque che il numero medio settimanale è pari a 54 e che l’affluenza è concentrata nei giorni di venerdì e sabato. Inoltre i lavori tecnici, vale a dire tintura, decolorazione, permanente, che maggiormente possono comportare un’esposizione a sostanze chimiche, non sono concentrati in specifici giorni della settimana: solo in 19 saloni ciò si verifica.

Per quanto concerne le dermatiti e l’uso dei guanti, quasi tutti gli intervistati (93,4%) hanno dichiarato di farne uso, anche se la metà di questi li usa per meno di un’ora al giorno. Le mansioni per le quali vengono impiegati i guanti sono soprattutto la tintura e la stiratura chimica; da sottolineare la scarsa tendenza alla sostituzione dei guanti, che in media vengono cambiati neanche due volte alla settimana. Ciò implica un uso non corretto di questo DPI: molti hanno infatti dichiarato di togliersi i guanti, rovesciarli, lavarli e rimetterli anche più volte, con conseguente incremento della quantità e dei tempi di contatto delle sostanze con la pelle. Anche in questo caso una formazione ed un controllo più attenti da parte del datore di lavoro potrebbe diminuire l’insorgere delle dermatiti.

Relativamente agli elementi strutturali, in Figura 1 è riportata la distribuzione delle patologie cutanee, delle vie aeree e degli occhi in base al numero dei locali di cui è composto il salone, per valutare una possibile correlazione tra i disturbi esaminati e gli spazi ristretti e l’assenza di specifici locali in cui si effettua la preparazione delle tinture. I saloni con unico locale sono 38 (il 34% del totale); i lavoratori di questi saloni lamentano il 24% del totale delle patologie, di cui la metà sono relative a disturbi delle vie respiratorie. I restanti 74 saloni hanno per la maggior parte due locali (57) e a seguire tre (10), quattro (6 saloni) e cinque (1). In essi, la metà delle patologie manifestatesi (50) sono dermatiti.

Le modalità di preparazione delle tinture (sotto cappa in specifico locale, oppure no) non sembrano influire sul manifestarsi di starnuti e naso chiuso o congiuntivite. Relativamente ai casi di asma, 14 dei 18 totali si sono manifestati in addetti nei cui saloni non si preparano le tinture sotto cappa. Probabilmente la fase più critica, sia per la durata che per le modalità di lavoro, è costituita dall’applicazione delle tinture.

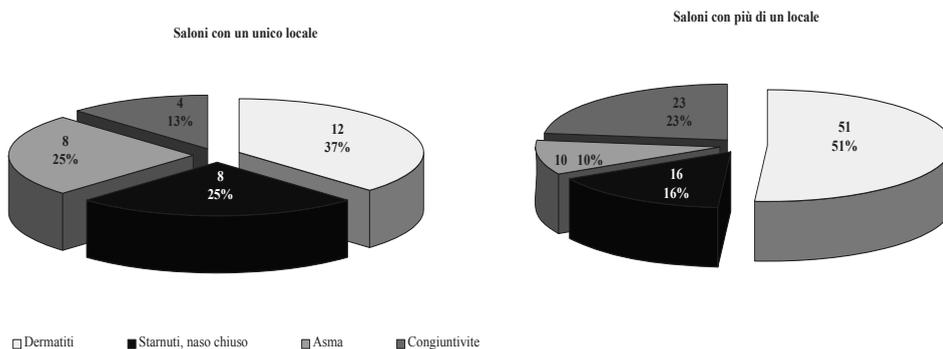


Figura 1: Malattie dichiarate dagli addetti distinte per tipologia di salone.

Per quanto riguarda il tipo di aerazione, i saloni con aerazione naturale sono 78, mentre quelli con aerazione forzata sono 32 (due saloni non hanno fornito informazioni in proposito). I disturbi a carico delle vie respiratorie e la congiuntivite sono in proporzione più frequenti nei saloni con aerazione forzata: in media, nel campione esaminato, si verifica almeno un caso di starnuti e naso chiuso ogni 4.6 saloni, almeno un caso di asma ogni 5 saloni e di congiuntivite ogni 3. Nei saloni con aerazione naturale questi disturbi sono invece meno frequenti: almeno un caso ogni 7-8 saloni. Questo può far emergere dubbi sulla corretta progettazione, con particolare riferimento ai ricambi d'aria, sul corretto uso e sull'adeguata manutenzione di questi impianti.

Dei 142 intervistati che hanno dichiarato di aver avuto nell'ultimo anno un dolore acuto alla schiena o dolore a carico delle spalle, vale a dire disturbi da postura incongrua, 87 (61%) sono stati colpiti da entrambi; analogamente, dei 142 affetti da dolore a polsi o gomiti e formicolii alle dita delle mani, malesseri imputabili a movimenti ripetuti, 117 (83%) hanno dichiarato di essere interessati da ambedue i disturbi. Occorre segnalare che nel 65% dei saloni non sono presenti sgabelli per gli operatori e che nel 25% ve n'è uno solo; d'altra parte anche l'uso delle forbici ergonomiche è raro: solo nel 10% dei saloni ne esiste un paio, mentre ben nel 74% le forbici ergonomiche non sono utilizzate perché considerate scomode. Anche in questo caso la carenza di informazione costituisce un limite per la salute sul luogo di lavoro.

In Figura 2 sono evidenziate le risposte dei soggetti interessati da disturbi muscoloscheletrici relativamente alle condizioni di lavoro. Anche se nel 63% dei saloni si lavora su appuntamento tutti i giorni, oltre il 95% di chi è affetto da disturbi correlabili a movimenti ripetuti ritiene di dover lavorare molto velocemente e quasi il 61% si sente oberato dal proprio lavoro, mentre un 42% ritiene di svolgere un lavoro ripetitivo. Per chi soffre di disturbi legati a posture incongrue le percentuali sono leggermente inferiori, ma in ogni caso significative. Confrontando questi dati con le risposte dell'intero campione alle stesse domande (vedi asse x del grafico in figura) emerge che chi accusa disturbi muscoloscheletrici ritiene più pesanti della media le proprie condizioni di lavoro, forse perché effettivamente lo sono oppure perché il dolore o il fastidio accentuano la percezione.

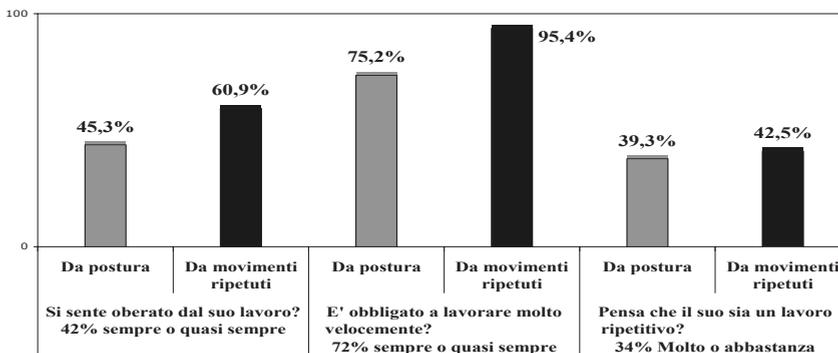


Figura 2: Condizioni lavorative e disturbi muscoloscheletrici rilevati. Sotto le domande sono indicate le percentuali relative alle risposte dell'intero campione.

### 3. VERSO UNA CULTURA DELLA SALUTE E SICUREZZA NELLE MICROIMPRESE

Dal punto di vista dei disturbi legati al lavoro, lo studio anamnestico condotto conferma i dati già illustrati nei lavori indicati in bibliografia, ovvero la sempre maggiore incidenza fra gli addetti del comparto esaminato dei disturbi dell'apparato muscolo-scheletrico e della malattie cutanee.

L'analisi complessiva dei risultati dello studio mette però in evidenza come la prevenzione di tali disturbi venga affrontata senza un metodo, facendo riferimento a modalità operative che derivano dall'esperienza dei lavoratori più anziani (in genere, i datori di lavoro) piuttosto che da una vera e propria formazione specifica in materia di salute e sicurezza sul lavoro.

I dati raccolti relativamente all'uso dei guanti sono illuminanti in tal senso. Infatti, quasi la metà dei lavoratori intervistati è concorde nell'affermare che, fra le modalità operative che gli derivano dalla loro formazione in materia di salute e sicurezza sul lavoro, il corretto utilizzo dei guanti è quella che maggiormente mettono in pratica. Tuttavia, le risposte alle domande del questionario mettono in evidenza un uso di questi DPI sicuramente diffuso, ma nella maggior parte dei casi non corretto.

In Figura 3 è riportata la distribuzione delle modalità operative apprese ai corsi professionali giudicate più utili dai dipendenti ai fini prevenzionali e, oltre al dato relativo all'uso dei guanti, l'altro elemento significativo emerso riguarda la scarsa importanza attribuita alla corretta postura evidenziata solo dal 3% degli intervistati.

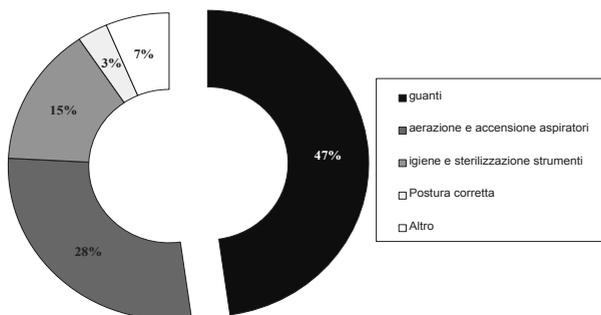


Figura 3: Distribuzione delle modalità operative più utili per la tutela della salute apprese ai corsi

Affrontare, dunque, il tema della corretta gestione della prevenzione dei disturbi lavoro-correlati nel settore dell'acconciatura diventa un problema piuttosto complesso nel quale emerge innanzitutto la necessità di una maggiore sensibilizzazione di tutti i soggetti esposti al rischio (datori di lavoro e lavoratori), che molto spesso tradiscono anche una scarsa conoscenza delle sostanze utilizzate. Tanto è vero che, per esempio, la denominazione prodotti "vegetali" in riferimento ai prodotti per la tintura induce i lavoratori a pensare che tali prodotti siano del tutto naturali e quindi privi di effetti sulla salute.

A ciò si aggiunge la difficoltà di rendersi conto che alcune problematiche, soprattutto quelle legate alla postura o al sovraccarico biomeccanico degli arti superiori, potrebbero essere risolte con una più efficace organizzazione del lavoro (per esempio, rotazione sui compiti o razionalizzazione degli spazi di lavoro) o attraverso semplici accorgimenti, come l'utilizzo di attrezzature ergonomiche.

Infatti, un altro elemento che emerge dall'indagine sul campo è relativo al fatto che, nella scelta degli arredi o nella progettazione del layout dei saloni, l'attenzione è rivolta soprattutto agli elementi estetici e al benessere del cliente. Ciò induce spesso a trascurare l'aspetto relativo all'assunzione di posture corrette durante il lavoro, se si tiene conto che in molti saloni del campione erano presenti poltrone o lavatesta non regolabili in altezza o spazi molto ristretti dedicati a lavorazioni, come lo shampoo o la tintura, che si preferisce tenere nascoste alla vista degli altri clienti.



Figure 4 e 5: Esempi di postazioni di lavoro non correttamente concepite.

In questo scenario la prevenzione dei disturbi correlati al lavoro ha bisogno in primo luogo dell'individuazione e della conseguente diffusione di regole tecniche e/o procedurali che possano diventare un utile riferimento per i lavoratori del settore.

Ed è solo attraverso un'indagine come quella condotta, ovvero attraverso il coinvolgimento e la partecipazione dei lavoratori, che si possono individuare le corrette azioni da intraprendere in tal senso per arrivare a definire le basi di una "educazione alla sicurezza" per gli addetti del comparto.

Infatti, il questionario utilizzato per l'indagine, ben costruito e di facile compilazione, ha consentito al gruppo di lavoro di individuare, attraverso i giudizi espressi dai lavoratori, gli aspetti sui quali risulta maggiormente necessario focalizzare l'attenzione, ovvero

- carenze di tipo formativo (scarsa conoscenza dei rischi e di conseguenza difficoltà nell'effettuare una valutazione del rischio, poca consapevolezza dell'importanza della prevenzione);
- carenze di tipo strutturale (mancanza di aspiratori, procedure per la manutenzione degli impianti di aspirazione forzata, indicazioni per la corretta progettazione del layout degli ambienti di lavoro e per la scelta di attrezzature ergonomiche);
- difficoltà di carattere organizzativo incontrate dalle microimprese del campione nel recepire e attuare la normativa di prevenzione.

Queste considerazioni, insieme all'elevato numero di questionari restituiti compilati in tutte le loro parti, hanno portato il gruppo di lavoro a ritenere che lo strumento appositamente costruito per la conduzione dell'indagine possa in realtà essere utilizzato anche dai datori di lavoro come strumento di autodiagnosi sul versante dell'applicazione della normativa in materia di salute e sicurezza sul lavoro. A tal fine, in analogia con quanto già sperimentato in altre regioni, verrà studiato un sistema di punteggi di merito (positivi o negativi) da attribuire ad ogni argomento presente nei vari ambiti di indagine parametrizzato in funzione della sua rilevanza. I punteggi finali saranno organizzati per fasce, in modo tale da consentire al datore di lavoro di arrivare ad individuare le maggiori criticità presenti nel proprio ambiente di lavoro.

Tale modalità di intervento richiederà anche la formazione di un team di esperti nell'ambito delle Associazioni di categoria che possa seguire e orientare le aziende lungo l'intero percorso per il miglioramento delle condizioni di lavoro: dal sostegno nella fase di autodiagnosi alla messa in atto dei sistemi correttivi.

Un altro obiettivo sarà quello di utilizzare i risultati dell'indagine per individuare, insieme alle Associazioni di categoria e agli altri partners del progetto, soluzioni su misura per

- rendere più efficaci le azioni di informazione e formazione rivolte ai lavoratori del comparto che vengono svolte sia nell'ambito degli incontri organizzati dalle Associazioni di categoria, sia nell'ambito dei corsi professionali presso le scuole per acconciatori;
- promuovere la partecipazione consapevole dei lavoratori alla gestione dei rischi sul lavoro;
- elaborare, oltre alla check list per l'autodiagnosi, strumenti pratici e accessibili (opuscoli, schede, ecc.), funzionali alla corretta valutazione ed al controllo dei fattori di rischio.

#### 4. CONCLUSIONI

Il metodo utilizzato per la conduzione dell'indagine sul comparto acconciatori nella provincia di Firenze ha consentito al gruppo di lavoro di individuare punti di forza e di debolezza in tutte le componenti che giocano un ruolo all'interno del contesto di lavoro (la componente tecnica, l'uomo, gli aspetti organizzativi). I risultati dell'indagine si rivelano di fondamentale importanza per individuare il percorso che serve a collegare le microimprese del comparto alle buone pratiche lavorative, percorso nel quale la normativa vigente attribuisce all'INAIL sia il ruolo di organo di riferimento per la consulenza e l'assistenza in materia di prevenzione e protezione nei luoghi di lavoro sia il ruolo di ente formatore, per il conseguimento della salvaguardia della salute dei lavoratori impiegati nelle imprese di più piccole dimensioni.

## **BIBLIOGRAFIA**

**C. Breschi, E. Mastrominico, F. Pini:** Acconciatori e rischio lavorativo in Toscana: progettazione di interventi mirati di prevenzione. IV Seminario di aggiornamento dei professionisti CONTARP. Assisi 22-24/11/2005.

**C. Breschi, E. Mastrominico, F. Pini:** Percezione del rischio lavorativo nel comparto acconciatori in Toscana: primi risultati. V Seminario di aggiornamento dei professionisti CONTARP. Taormina 06-08/11/2007.

**L. Miligi, A. Martini, A. Benvenuti, E. Innocenti:** Indagine conoscitiva sul comparto acconciatori nella provincia di Firenze – Relazione finale. Istituto Scientifico Prevenzione Oncologica, Firenze. Dicembre 2008

# **IL REGISTRO NAZIONALE MALATTIE PROFESSIONALI (RNMP): UN OSSERVATORIO PERMANENTE SUL FENOMENO TECNOPATICO**

A. BRUSCO<sup>1</sup>, R. GIOVINAZZO<sup>2</sup>, G. LA ROSA<sup>3</sup>, R. PICCIONI<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>INAIL - Direzione Generale - Consulenza Statistico Attuariale

<sup>2</sup>INAIL – Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>3</sup>INAIL - Direzione Centrale Prestazioni

## **RIASSUNTO**

Con il decreto legislativo n. 38/2000 è stato istituito il RNMP causate o correlate al lavoro, al quale possono accedere i soggetti pubblici che, per legge o regolamento, hanno compiti in materia di sicurezza sui luoghi di lavoro. Tale registro raccoglie le denunce/segnalazioni di MP effettuate da qualsiasi medico che ne riconosca l'esistenza; l'obbligo di denuncia/segnalazione è sancito dall'art.139 del T.U. sull'assicurazione obbligatoria (DPR N. 1124/1965). Il decreto 38/2000 ha demandato all'INAIL il compito di gestire la banca dati relativa al suddetto registro. Nell'anno 2008 è stato costituito un gruppo di lavoro al quale partecipano professionalità della SMG, CONTARP Centrale, CSA, DCSIT, DC Prestazioni e DC Prevenzione con il compito di analizzare i dati delle denunce/segnalazioni confluite nel RNMP, in merito alle diverse patologie, ai relativi fattori di rischio e alle lavorazioni ad essi correlate.

La comparazione tra la banca dati del Registro e la casistica di malattie professionali denunciate ai fini assicurativi (art. 53 T.U.), riconosciute e respinte, dovrebbe consentire l'individuazione degli ambiti necessari di maggiori approfondimento, in termini di fattori di rischio, lavorazioni, patologie emergenti, per meglio indirizzare studi di settore e mappe di rischio specifiche.

Con il presente lavoro si intendono presentare gli scopi e l'articolazione del progetto dal suddetto gruppo di lavoro.

## **SUMMARY**

The Legislative Decree 38/2000 has set up the RNMP (Occupational Diseases National Register), which utilization is allowed to the public subjects, involved in health and safety at work.

The Register collects all the reports of occupational diseases made by all the doctors, that become acquainted with them; these reports are obligatory, as established by the Art. 139 of the Presidential Decree 1124/1965 about "industrial accident obligatory insurance".

The Legislative Decree 38/2000 ha established for INAIL (Italian Workers Compensation Authority) the role of handling the data base related to the Register.

In 2007 a work group was constituted by several professionals, belonging to different sectors of INAIL; they have the duty of analysing the data base related to the RNMP (starting from 2006), in regard to the different diseases, the risk factors and the related production cycles.

The comparison between this data base and the case histories of Occupational Diseases, reported according to the Art. 53 of Decree 1124/1965, should allow to locate the main topics, that need to be studied in detail, concerning risk factors, production cycles, rising diseases, in order to advise specific researches and risk maps.

In this report all the activities carried out up to today by the work group and the future development of the project are illustrated.

## **1. INTRODUZIONE**

L'art. 10 del D.Lgs. n. 38/2000 ha previsto l'istituzione, presso la banca dati INAIL, del Registro nazionale delle malattie causate dal lavoro ovvero ad esso correlate.

Con tale disposizione il legislatore ha inteso creare un “punto” centrale di raccolta di informazioni sulle caratteristiche e dimensioni del fenomeno tecnopatologico nel suo complesso per la diffusione e la circolazione delle conoscenze tra i soggetti operanti nel settore.

Il Registro, quale osservatorio delle patologie di origine lavorativa, potrà garantire la piena **tutela assicurativa** per le malattie la cui origine professionale risulta nota e costituirà uno strumento per superare il divario tra le malattie denunciate all’Istituto e le previsioni statistico-epidemiologiche relative alle malattie di origine professionale che dà luogo al fenomeno delle malattie perdute. Potrà, altresì, contribuire ad evidenziare nuove malattie ad oggi sconosciute per insufficiente circolazione di informazione o a causa di carenza di conoscenze scientifiche ed epidemiologiche.

Inoltre, sul piano della **tutela prevenzionale** del fenomeno tecnopatologico il Registro contribuirà in modo determinante al raccordo di tutte le informazioni contenute nelle banche dati disponibili presso gli Organismi istituzionali, competenti in materia assicurativa, prevenzionale, previdenziali, ecc, finalizzate alle rispettive funzioni e, superando la frammentarietà delle conoscenze, potrà costituire ulteriore strumento di supporto alle azioni finalizzate al miglioramento della sicurezza negli ambienti di lavoro.

Il Registro è “alimentato” dalle denunce/segnalazioni previste dall’art.139 del Testo Unico (DPR n.1124/1965). Detto articolo sancisce l’obbligo per ogni medico che riconosca l’esistenza di una delle malattie professionali indicate in un apposito elenco, approvato con decreto ministeriale, di effettuarne la denuncia anche se il lavoratore che ne è affetto non è soggetto alla tutela assicurativa INAIL ed anche senza l’espressa volontà del malato.

Le finalità di questa fattispecie di segnalazione sono di carattere preventivo, epidemiologico e di vigilanza; le stesse, infatti, hanno quali destinatari le Direzioni provinciali del lavoro, le Aziende sanitarie locali e l’INAIL ai soli fini dell’alimentazione del Registro, e si distinguono da quelli unicamente indennitari della denuncia effettuata, ai sensi dell’art.53 T.U., dal datore di lavoro con la volontà espressa dal lavoratore.

L’art. 10 ha modificato in parte, ampliandone la portata, l’art. 139 T.U. attraverso l’inserimento dell’INAIL tra le istituzioni destinatarie della denuncia/segnalazione e l’introduzione nell’elenco delle malattie da segnalare anche di “... liste di malattie di probabile e di possibile origine lavorativa, da tenere sotto osservazione...”.

Il nuovo elenco approvato con D.M. del 27 aprile 2004 e successivamente aggiornato con DM del 14 gennaio 2008, si articola su tre liste di malattie:

- Lista I contenente le malattie la cui origine lavorativa è di elevata probabilità, che costituiscono la base per la revisione delle tabelle ex artt. 3 e 211 del T.U. delle malattie con presunzione legale di origine lavorativa;
- Lista II contenente le malattie la cui origine lavorativa è di limitata probabilità, ovvero quelle per le quali non sussistono ancora conoscenze sufficientemente approfondite perché siano incluse nel primo gruppo;
- Lista III contenente le malattie la cui origine lavorativa è possibile, ovvero quelle per le quali non è definibile il grado di probabilità, a causa delle sporadiche e ancora non precisabili evidenze scientifiche. La denuncia di tali malattie ha la finalità di registrare e monitorare le segnalazioni di varia provenienza (Istituti universitari e di ricerca, ASL, medici di base, etc.), al fine di non disperdere dati utili per il confronto e per i necessari approfondimenti di ordine scientifico ed epidemiologico

L’aggiornamento e la revisione, secondo la strutturazione prevista dal citato art.10, dell’elenco delle malattie hanno consentito nel 2006 l’istituzione, presso la banca dati dell’INAIL, del Registro Nazionale Malattie Professionali e l’avvio della fase di sperimentazione su un numero inizialmente limitato di unità territoriali, poi esteso a 12 sedi. Nel corso del 2007 le procedure informatiche di alimentazione del Registro sono state rilasciate su tutto il territorio consentendo l’inserimento nel Registro delle denunce/segnalazioni trasmesse all’Istituto.

## 2. IL PROGETTO E LE SUE IMPLICAZIONI PER LA CONTARP

La costituzione della banca dati relativa al RNMP rappresenta, per la CONTARP, un “osservatorio privilegiato”, che può fornire indicazioni utili allo svolgimento dell’attività istituzionale. L’importanza della fruibilità dei dati in questione va inquadrata nell’ambito del ruolo della Consulenza, alla luce delle professionalità ivi presenti, anche secondo una retrospettiva storica del ruolo svolto nella trattazione dei casi di Malattia Professionale.

Infatti, al principio degli anni ’90, a seguito delle sentenze della Corte Costituzionale che di fatto introducevano il cosiddetto “sistema misto”, si rilevò sempre di più l’importanza dell’accertamento dei rischi negli ambienti di lavoro; ciò in quanto anche le denunce di tecnopatie “non tabellate” assumevano pari dignità, in termini giuridici, di quelle “tabellate”. A differenza di queste ultime, tuttavia, era necessario che il richiedente prestazioni si facesse carico dell’onere della prova, per dimostrare l’idoneità del rischio lavorativo, a cui era stato esposto, nel determinare la patologia denunciata.

Quanto sopra ha portato al potenziamento del ruolo della CONTARP, mediante la realizzazione di Strutture a livello regionale, il cui compito era esaminare le denunce di M.P., in particolar modo delle “non tabellate”, basandosi sulla valutazione dei rischi; ciò avrebbe consentito all’area sanitaria di attribuire alla patologia riscontrata sull’assicurato una causa lavorativa, quanto meno preminente, rispetto ad altri fattori causali di natura extra-lavorativa. A distanza di sette anni, con la Circolare n°70 del 2001, il flusso procedurale nella trattazione delle Malattie Professionali è stato radicalmente mutato, venendo, in sostanza, restituita centralità alla figura del medico di Sede, al cui giudizio veniva rimessa la possibilità di trasmettere la pratica alla CONTARP Regionale, per il parere di merito sul rischio. Alla Consulenza veniva affidata la realizzazione di mappe di rischio e studi di settore, che fossero di supporto ed ulteriore ausilio ai medici nella definizione del rischio.

E’ evidente, pertanto, l’implicazione della possibilità di accedere ai dati contenuti nel RNMP, quale fonte di conoscenza primaria e ‘spaccato’ significativo della realtà lavorativa, da cui partire per la realizzazione dei nuovi compiti affidati alla Consulenza.

L’evoluzione dei cicli tecnologici, l’utilizzo di nuove e più moderne attrezzature, la sempre maggiore automatizzazione di attività un tempo manuali hanno cambiato, infatti, nel corso degli anni, il quadro complessivo dei rischi negli ambienti di lavoro, sia in termini di natura degli stessi, che in termini di intensità. Ciò ha condotto alla comparsa di nuove patologie, connesse alle nuove attività produttive ed alla diminuzione o, addirittura, alla scomparsa di alcune vecchie patologie; ad esempio, le patologie da posture incongrue e da movimenti ripetuti stanno assumendo proporzioni significative, mentre l’ipoacusia è diminuita, negli anni, in maniera consistente, anche in conseguenza della maggiore efficacia dei presidi prevenzionali adottati dalle aziende, alla luce del nuovo quadro normativo.

In questo contesto estremamente dinamico, è fondamentale poter disporre di strumenti conoscitivi tali da poter indirizzare l’attività di ricerca e di analisi dei rischi agli ambiti di maggiore interesse. Ciò sembra tanto più vero se si considera che nel Registro confluiscono i dati relativi alle denunce ex art.139 del T.U. (denunce effettuate da qualsiasi medico che ne riconosca l’esistenza): la suddivisione delle patologie secondo il criterio di probabilità di causa lavorativa, permette un’analisi critica dei dati, al fine di evidenziare situazioni *in fieri*, non sempre facilmente individuabili da medici non specializzati in medicina legale o del lavoro.

Per la consultazione del RNMP sarà necessario fissare criteri di ricerca idonei, al fine di ricavare da esso utili informazioni. Da questo punto di vista, le variabili in gioco per l’analisi critica dei dati sono diverse:

- cicli produttivi e mansioni svolte;
- patologie denunciate;
- materie prime e sostanze utilizzate.

La realizzazione di mappe di rischio o studi di settore, rappresenterà, inoltre, una “cartina al tornasole”, ai fini della conferma o meno dell’importanza, in termini tecnopatici, del settore produttivo e/o mansione e/o patologia indagati.

Infine, va sottolineato che l'elaborazione, da parte della CONTARP, dei dati provenienti dal Registro potrà rappresentare un utile "feed back" per migliorare e meglio indirizzare l'implementazione del flusso dei dati da parte dei medici coinvolti; in particolare si potrebbero fornire suggerimenti utili sui contenuti della modulistica utilizzata dai medici per le segnalazioni ex art.139, per migliorare la qualità delle informazioni contenute nelle denunce; in tal modo si creerebbe un circolo virtuoso tra gli utilizzatori dei dati del Registro ed i medici che lo alimentano con le proprie segnalazioni.

### 3. LE ANALISI STATISTICHE

Conclusa la fase di sperimentazione delle procedure per l'implementazione del Registro NMP (anni 2006 e 2007), si sta procedendo alle verifiche, da parte delle strutture competenti, sui dati delle denunce/segnalazioni relative al primo anno solare completo, l'anno 2008.

Il Registro, a regime, può costituire una rilevante fonte di informazioni utile a molteplici scopi.

Le analisi statistiche consentiranno di verificare la coerenza e la congruenza con le denunce di malattie professionali pervenute all'Istituto ai fini assicurativi.

L'utilizzo del RNMP permetterà un duplice riscontro: si potrà effettuare un confronto tra denunce-segnalazioni di medici INAIL e medici esterni, tenendo, comunque, conto che alcuni casi possono avere doppia segnalazione; altro monitoraggio riguarderà l'analisi delle malattie denunciate, con particolare approfondimento su quelle emergenti.

Nella tabella 1 sono riportati i dati delle segnalazioni a tutt'oggi trasmesse al Registro (dal 2006 al 19 marzo 2009), distinte tra quelle effettuate dai medici dell'INAIL e quelle trasmesse dai medici esterni, che ammontano rispettivamente a circa 27 mila le prime e quasi 9 mila le seconde.

I 3/4 delle segnalazioni sono effettuate dai medici INAIL. La distribuzione dei dati rispetto alle liste delle malattie è abbastanza omogenea: oltre il 90% delle patologie, per entrambe le tipologie di medici, appartengono alla lista I (malattie la cui origine lavorativa è di elevata probabilità).

La distribuzione per territorio evidenzia, invece, delle differenze; nel caso delle segnalazioni dei medici esterni, circa il 70% dei casi si concentra in sole due regioni del nord: Emilia Romagna e Lombardia, in particolare quest'ultima è stata una delle regioni coinvolte nella fase di sperimentazione del RNMP. Le segnalazioni pervenute dal meridione hanno un carattere residuale.

Per quanto riguarda le segnalazioni effettuate dai medici INAIL ancora una volta spiccano l'Emilia Romagna (17% delle denunce) e la Lombardia (8,9%), seguite dalla Toscana (8,3%), rispecchiando, peraltro, l'andamento statistico del fenomeno delle tecnopatie professionali. Molto poche, anche in questo caso, le denunce provenienti da alcune regioni del Meridione.

**Tabella 1** - Numero di denunce/segnalazioni pervenute al Registro Nazionale delle Malattie Professionali (dal 2006 al 19 marzo 2009)

Aree geografiche	Medici esterni		Medici INAIL	
	Numero	%	Numero	%
NORD-OVEST	3.522	39,4	5.248	19,4
NOR-EST	4.589	51,3	8.623	31,8
CENTRO	630	7,0	6.610	24,4
SUD	179	2,0	4.834	17,8
ISOLE	21	0,2	1.787	6,6
ITALIA	8.941	100,0	27.102	100,0

#### 4. CRITICITÀ

Sebbene il numero delle segnalazioni trasmesse dai medici esterni all'Inail stia crescendo in modo sostenuto di anno in anno, lo stesso rimane ancora molto contenuto rispetto al reale fenomeno. La piena attuazione del Registro è, infatti, condizionata da alcune problematiche che potrebbero compromettere i risultati del Registro e gli scopi della norma Tali criticità riguardano in particolare:

- scarsa conoscenza dell'obbligo di denuncia/segnalazione ai sensi dell'art.139 T.U. - tale norma, nonostante la sua obbligatorietà e la sua sanzionabilità, è applicata in modo disomogeneo sul territorio nazionale e non esiste una diffusa conoscenza di tale obbligo, nonché delle sue finalità, tra gli operatori interessati (i medici di base, ospedalieri ecc.).
- assenza di una modulistica uniforme sul territorio - l'assenza dell'obbligo all'utilizzo di un unico modulo per la denuncia/segnalazione comporta un'alimentazione disomogenea del Registro con il rischio di informazioni eccessivamente dettagliate o troppo generiche e, in ogni caso, difformi sul territorio.
- complessità nel flusso di trasmissione della denuncia/segnalazione al Registro - allo stato sul territorio il flusso di trasmissione di dette denunce/segnalazioni, fra medici certificatori e i destinatari istituzionali, risulta piuttosto complesso e differenziato anche nell'ambito delle stesse realtà territoriali e, quindi, poco funzionale all'alimentazione del Registro.

Per il superamento di dette criticità, che potrebbero condizionare la piena attuazione del Registro, l'Inail è impegnato in modo diretto su tutto il territorio attraverso azioni di sensibilizzazione verso tali obblighi, di diffusione di un facsimile di modulo predisposto per l'alimentazione del Registro, di promozione di protocolli e di accordi tra le tre istituzioni preposte a ricevere le denunce/segnalazioni.

#### BIBLIOGRAFIA

Decreto Presidenza della Repubblica 30 giugno 1965, n. 1124: 'Testo unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali', in G.U. n. 257 del 13/10/1965, Suppl. Ord..

Decreto Legislativo 23/02/2000 n. 38: "Disposizioni in materia di assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali, a norma dell'articolo 55, comma 1, della legge 17 maggio 1999, n. 144", in G. U. n. 50 del 1/3/2000.

INAIL – Direzione Centrale Prestazioni, Circolare n. 70 del 24 ottobre 2001: Malattie professionali non tabellate. Nuove modalità di trattazione.

Decreto Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali 27/4/2004: 'Elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia ai sensi e per gli effetti dell'articolo 139 del testo unico approvato con decreto del Presidente della repubblica 30 giugno 1965, n. 1124, e successive modificazioni e integrazioni', in G. U. n. 134 del 10/6/2004.

Decreto Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale 14/1/2008: 'Elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia ai sensi e per gli effetti dell'articolo 139 del testo unico approvato con decreto del Presidente della repubblica 30 giugno 1965, n. 1124, e successive modificazioni e integrazioni', in G. U. n. 70 del 22/3/2008, Suppl. Ord. n. 68.



# VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA POLVERI SILICOTIGENE NELLE ATTIVITÀ DI SCAVO DI GALLERIE. L'ESPERIENZA CONTARP NEL TRATTO AUTOSTRADALE DELLA A3 SALERNO-REGGIO CALABRIA

S. BUSONERO<sup>1</sup>, G. GARGARO<sup>2</sup>, M. MECCHIA<sup>2</sup>, G. MITA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INAIL - Direzione Regionale Calabria - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## RIASSUNTO

Lo studio prende in rassegna l'esposizione al rischio di inalazione di silice libera cristallina (SLC) respirabile nella fase di scavo di dodici gallerie naturali a doppia canna, relativamente ad un macro lotto per i lavori di ammodernamento dell'autostrada Salerno – Reggio Calabria (dal km 393+500 al km 423+300). I risultati analitici evidenziano un'esposizione generalizzata per tutte le maestranze occupate al fronte scavo, con picchi espositivi in SLC per gli addetti occupati allo scavo del fronte con martellone. Se si esclude un solo valore rilevato inferiore a 0,05 mg/m<sup>3</sup>, il 17% dei dati esaminati è compreso tra 0,05 e 0,1 mg/m<sup>3</sup> ed il restante 83% supera il valore di 0,1 mg/m<sup>3</sup> di SLC.

## SUMMARY

This report reviews the exposure to the risk of inhalation of respirable free crystalline silica in digging of twelve natural tunnels -double reed- during jobs of modernization for a macrolot of motorway A3 Salerno-Reggio Calabria (from km 393+500 to km 423+500). The analytical results show widespread exposure for all workers employed at the excavation front, with peaks in the exposition of free crystalline silica for workers employed at digging of the front with big jackhammer. Except for a single measure of less than 0,05 mg/m<sup>3</sup>, the 17% of examined data is between 0,05 and 0,1 mg/m<sup>3</sup> and the remaining 83% exceeds the value of 0,1 mg/m<sup>3</sup> of silica.

## 1. INTRODUZIONE

Ai fini dell'accertamento del rischio silicosi per gli aspetti assicurativi dell'INAIL, sono state svolte delle indagini in dodici gallerie naturali dell'Autostrada A3 SA-RC in vari stadi di avanzamento, concentrando l'attenzione sulle maestranze impegnate al fronte scavo, in quanto in base alle tecniche lavorative, ai macchinari utilizzati ed alle caratteristiche geologiche del territorio interessato, si è ritenuto che i lavoratori impegnati nelle altre lavorazioni in galleria, in quelle artificiali o all'aperto potessero essere esposti a valori di SLC inferiori al limite assicurativo.

La complessità delle lavorazioni, dovuta al gran numero di imprese impegnate, ad un ciclo tecnologico spesso interrotto da eventi imprevisti, ad una pianificazione degli interventi talvolta disattesa, ha avuto delle ricadute sulle attività di monitoraggio della polverosità degli ambienti di lavoro. Nonostante ciò, le misure effettuate sono sufficienti per la rappresentazione reale del quadro espositivo alla SLC delle principali mansioni delle attività indagate.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Il ciclo di lavoro

Il ciclo lavorativo per la realizzazione delle gallerie naturali, generalmente, è così articolato:

- 1) preparazione dell'area imbocco galleria
  - recinzione dell'area e predisposizione accessi;
  - viabilità interna e accessi;
  - operazioni di tracciamento;
  - picchettatura;
- 2) opere di consolidamento imbocchi gallerie e di fondazione in genere
  - messa in opera di micropali e/o tiranti;

- 3) preconsolidamento del fronte di scavo
  - getto spritz-beton;
  - perforazione e inserimento tubi in VTR e iniezione;
- 4) scavo del fronte
  - scavo con martellone;
  - scavo con esplosivo:
    - esecuzione dei fori di volata;
    - caricamento della volata;
    - brillamento della volata;
    - sfumo;
  - disgaggio;
- 5) smarino
  - caricamento marino su autocarro o dumper;
  - smarino con autocarro o dumper;
  - trasporto di materiale in discarica;
- 6) prerivestimento
  - montaggio centine;
  - posa in opera di catene e rete elettrosaldata;
  - applicazione spritz-beton;
  - applicazione bulloni radiali;
- 7) costruzione murette
  - scavo e smarino;
  - impermeabilizzazione e posizionamento tubi drenaggio;
  - predisposizione della cassaforma;
  - getto e disarmo;
- 8) costruzione arco rovescio
  - scavo e smarino;
  - predisposizione smorza e tubi di drenaggio;
  - getto del calcestruzzo;
  - avanzamento del ponte di servizio semovente;
- 9) impermeabilizzazione
  - posa in opera di teli tessuto-non tessuto;
  - posa in opera della guaina in PVC;
- 10) costruzione della calotta
  1. traslazione della cassaforma;
  2. stabilizzazione della calotta, pulizia ed oliatura delle forme;
  3. esecuzione smorza;
  4. getto del calcestruzzo;
  5. disarmo.

## 2.2 Attività lavorative monitorate

Le gallerie naturali indagate sono tutte a doppia canna e le indagini sono state effettuate ad avanzamenti compresi nell'intervallo 400 - 900 m.

Alla luce del ciclo lavorativo, si è scelto di procedere al campionamento delle seguenti fasi operative:

1. preconsolidamento del fronte di scavo;
2. scavo del fronte con martellone;
3. smarino;
4. prerivestimento (posa centine, getto arco-rovescio e getto spritz-beton).

Le mansioni campionate nelle attività di perforazione sono state le seguenti:

- ✓ addetto alla perforazione - addetto all'esecuzione delle perforazioni per consolidare i terreni;
- ✓ macchinista alla perforatrice - si trova all'interno della cabina di guida climatizzata ed insonorizzata della macchina;
- ✓ manovale - operaio non qualificato - svolge lavori semplici e spesso pesanti.

Per quanto riguarda l'attività di scavo del fronte in galleria, sono state campionate tutte le mansioni della squadra tipica e cioè:

- ✓ caposquadra – sovrintende i lavori, ma comunque partecipa attivamente alle lavorazioni;
- ✓ lancista – utilizza la pompa per l'esecuzione dello spritz-beton;
- ✓ escavatorista (martellonista) – aziona l'escavatore con il martellone per lo scavo in avanzamento;
- ✓ palista – aziona la pala meccanica gommata per il carico dei materiali (smarino);
- ✓ minatore/ferraiolo – aiuta nelle varie fasi e si occupa anche della lavorazione e posa dei ferri di armatura delle strutture in cemento armato.

Inoltre, nella fase di smarino e nelle fasi di getto sono stati monitorati gli addetti alla mansione di:

- ✓ autista – evacua il materiale di risulta e trasporta il calcestruzzo o spritz-beton.

Le lavorazioni avvengono solitamente su 3 turni nelle 24 ore giornaliere ed impegnano una squadra a turno su uno dei fronti in avanzamento. A titolo esemplificativo, per l'avanzamento di 1 m del fronte di scavo, il tempo necessario è indicativamente di circa 8 ore (pari al turno di lavoro), ripartito nel modo seguente:

- scavo e smarino: 4<sup>h</sup> - 4<sup>h</sup> 30'
- getto pre-spritz: 30'
- posa centina: 1<sup>h</sup> 30'
- getto spritz: 1<sup>h</sup> 15'

### 2.3 Assetto litostratigrafico locale

Le rocce affioranti nell'area in studio possono essere suddivise in due grandi unità litostratigrafiche:

- a) rocce appartenenti al basamento cristallino di età Paleozoica;
- b) rocce appartenenti a sequenze sedimentarie di copertura di età terziaria e quaternaria.

#### 2.3.1 Il basamento cristallino del Paleozoico

Nel territorio dove sono state svolte le indagini sono presenti i seguenti litotipi, per i quali sono stati anche indicati i dati sui tenori medi di SLC espressi in percentuale mineralogica media "c".

- Paragneiss, "c"=37.5%: gneiss biotitici di colore bruno, composti prevalentemente da quarzo, plagioclasio, biotite, muscovite e sillimanite; affiorano prevalentemente nel settore compreso tra le progressive 412 e 418 circa (interessate sei delle dodici gallerie a doppia canna indagate).
- Migmatiti e Gneiss migmatitici, "c"=37.5%: metamorfici di colore dal verde scuro al grigio; paragenesi con quarzo, plagioclasio e biotite con subordinate muscovite e sillimanite; lungo il tracciato affiorano esclusivamente in corrispondenza di una galleria, tra le progressive 398+500 e 399 circa.
- Tonaliti e Granodioriti, "c"=20-22%: di colore verdastro, composte da plagioclasio, biotite, anfibolo, quarzo e subordinato epidoto; affiorano in maniera diffusa in tutto il tracciato tra le progressive 401 e 412 circa (interessate cinque gallerie).
- Metagraniti e Ortogneiss, "c"=27%: di colore variabile dal bruno al grigio, paragenesi di feldspato potassico, quarzo, plagioclasio, biotite e muscovite; affiorano estensivamente tra le progressive 415+500 e la fine del lotto (interessata una galleria).

- Metabasiti, “c”=assente: di colore verde intenso, presentano composizione basica e paragenesi metamorfica definita da plagioclasio e anfibolo con subordinati epidoto e biotite; non sembrerebbero affiorare lungo il tracciato di progetto.

### 2.3.2 L'orizzonte di alterazione nelle rocce di basamento

Si tratta di una fascia di alterazione di potenza compresa tra 5 e 30 m; il feldspato è stato completamente sostituito da minerali argillosi (caolinizzazione), ed in misura minore la biotite ed eventualmente l'anfibolo. Pertanto l'alterazione appare più intensa nelle rocce quali le tonaliti, le granodioriti, i metagraniti e filoni pegmatitici, con abbondante feldspato nella composizione mineralogica.

### 2.3.3 Le sequenze di copertura (Miocene – Pleistocene)

Si tratta di rocce sedimentarie sia di origine marina che continentale.

#### 2.3.3.1 I depositi marini (Miocene – Pliocene)

Al di sopra di un orizzonte conglomeratico è riconoscibile una sequenza formata dai depositi di seguito descritti.

- Sabbie e calcareniti del Miocene medio-superiore, “c”=variabile: alternanze di strati e banchi di sabbie e arenarie fossilifere, di calcareniti e locali orizzonti siltoso-argillosi; la potenza complessiva può arrivare a 50-70 m; sedimenti particolarmente diffusi nel settore centrale dell'area di indagine, tra le progressive 403+500 e 408 (interessata una galleria).
- Calcarei evaporitici del Miocene superiore, “c”=assente o in tracce: di colore bianco e tessitura vacuolare, localmente associati a calcari biocostruiti; la potenza complessiva può arrivare a 30-40 m; affiorano tra le progressive 394 e 398+500 (interessata una galleria).
- Brecce carbonatiche del Miocene sup.- Pliocene inf., “c”=assente o in tracce: si tratta di brecce e conglomerati con clasti, di dimensioni variabili dal centimetro al decimetro, di rocce di basamento e carbonatiche; le brecce mostrano un passaggio graduale verso i silts argillosi e le sabbie del Pliocene; affiorano solo intorno alla progressiva 399 (interessata una galleria).
- Sabbie, sabbie siltose e silts del Pliocene, “c”=variabile: granulometrie variabili di colore dal bruno chiaro al grigio chiaro; di potenza complessiva anche superiore ai 50 m; depositi diffusi tra le progressive 394 e 402 circa (interessate due gallerie).

#### 2.3.3.2 I depositi continentali del Pleistocene

Si tratta di sabbie medio-fini alternate a livelli sabbioso-limosi o sabbie medio-grossolane con intercalazioni ghiaiose di potenza decimetrica o metrica, “c”=variabile; localmente si rinvencono conglomerati e depositi di blocchi con clasti di dimensioni centimetriche/decimetriche immersi in matrice sabbiosa; la potenza varia tra 5 e 50 m; sono diffusi lungo tutto il tracciato.

#### 2.3.4 I depositi olocenici recenti attuali

Sono i prodotti dell'evoluzione geologica recente ed attuale. Comprendono detriti di falda, depositi alluvionali e torrentizi, depositi detritico-colluviali (localmente anche 7-8 m di potenza); affiorano solo superficialmente e non interessano le attività di scavo delle gallerie.

## 2.4 Campionamenti di polveri

Il campionamento del particolato aerodisperso (limitatamente alla frazione “respirabile” così come definita dalla norma UNI EN 481) è stato effettuato a livello “personale” operando con campionatori portatili, indossati direttamente dai soggetti impegnati nelle proprie attività, dotati di portafiltro posizionato in prossimità della zona di respirazione. I campionamenti sono stati effettuati

utilizzando pompe a batteria AirChek 2000 della ditta SKC, con flusso di aspirazione costante pari a 2,2 l/min, mentre il dispositivo di ingresso per le polveri respirabili era costituito da un ciclone preselettore con stabilizzatore di flusso, prodotto dalla ditta SKC, secondo quanto definito nella norma UNI EN 481 (1994) e che soddisfa i requisiti prestazionali generali citati nella norma UNI EN 482 (1998).

Per la captazione del particolato sono state impiegate membrane filtranti in argento (OSMONICS), con porosità di 0,8  $\mu\text{m}$  e diametro di 25 mm.

La determinazione della concentrazione nell'aria della polvere respirabile è stata effettuata con metodo gravimetrico a pesata differenziale, utilizzando una microbilancia SARTORIUS MC-1 (sensibilità:  $10^{-6}$  g).

Le analisi per la ricerca ed il dosaggio del quarzo sono state eseguite dal Laboratorio di Igiene Industriale della CONTARP Dir. Gen. di Roma, con il metodo della diffrattometria RX utilizzando l'apparecchio automatico PHILIPS PW 1800 (X-ray tube: Cu LFF; 40 kV; 40 mA).

I valori di concentrazione della polvere respirabile e della silice cristallina sono rappresentativi di un turno di lavoro mediamente pari a 8 ore, per cui sono raffrontabili con il TLV-TWA di 0,025  $\text{mg}/\text{m}^3$  (ACGIH, 2008), utilizzato ai fini prevenzionali e con il limite assicurativo di 0,050  $\text{mg}/\text{m}^3$ , secondo quanto stabilito dal Ministero del Lavoro con lettera circolare n. 737 del 1991 e ribadito con nota dello stesso Ministero alla D.G. il 22/07/98.

### 3. RISULTATI

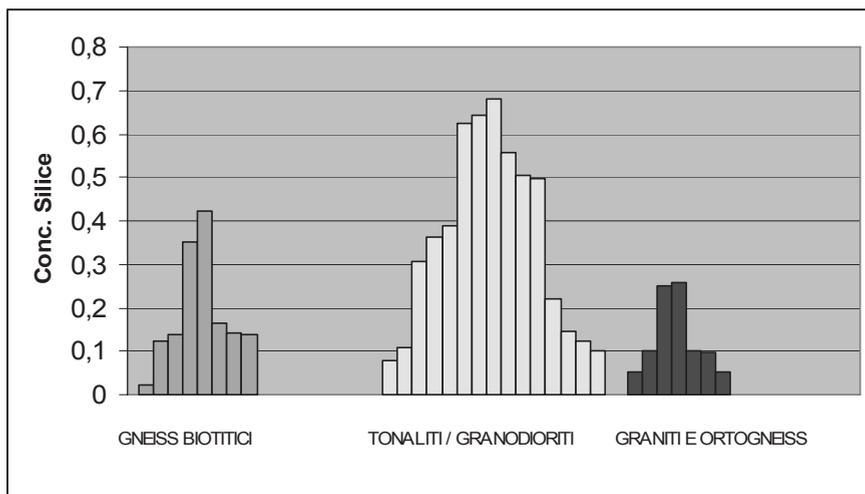
Nella tabella 1 sono presentati i risultati ottenuti durante le varie campagne di monitoraggio relativamente alla frazione respirabile per le mansioni sopra indicate. Vengono forniti gli intervalli di minimo e massimo della polverosità rilevata, il numero di campionamenti per mansione, la percentuale di silice depositata sul filtro, nonché la concentrazione di SLC. La figura 1 rappresenta l'esposizione a SLC respirabile in funzione del tipo di roccia in scavo.

Il tenore in quarzo, determinato su campioni di roccia prelevati in otto delle dodici gallerie indagate, per tipo di materiale, è risultato essere il seguente (valori minimo-massimo):

- GRANITOIDI:13÷60%
- GNEISS:13÷54%
- SCISTI:30%

**Tabella 1: dati di esposizione a SLC respirabile dei lavoratori impegnati sui fronti di scavo delle gallerie naturali dell'autostrada A3 (intervallo di valori minimi e massimi)**

Mansione	N° camp.	Conc. polveri respirabili ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	SLC (%)	Conc. SLC ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
Caposquadra	3	1,964 ÷ 3,304	4,6 ÷ 18,9	0,101 ÷ >0,625
Palista	4	0,133 ÷ 3,048	8,2 ÷ 35,0	0,021 ÷ 0,680
Autista	4	1,182 ÷ 1,936	7,6 ÷ 30,3	0,096 ÷ >0,556
Minatore	5	0,476 ÷ 4,908	2,6 ÷ >17,8	0,054 ÷ >0,644
Escavatorista	4	1,124÷2,829	3,6 ÷ 31,5	0,101 ÷ 0,505
Lancista	1	5,006	1,6	0,080
Addetto alla perforazione	3	0,823 ÷ 2,420	14,5 ÷ 16,7	0,138 ÷ 0,364
Manovale	4	0,812 ÷ 2,734	14,3 ÷ 17,0	0,138 ÷ 0,390
Macchinista alla perforatrice	2	1,133 ÷ 1,235	11,0 ÷ 11,7	0,124 ÷ 0,145



**Figura1: concentrazione di SLC respirabile ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) in relazione al tipo di roccia.**

Non è agevole formulare un'analisi coerente dei dati ottenuti per la variabilità delle condizioni di lavoro messe in atto da un numero di imprese superiori al centinaio. Succede infatti, così come suggerisce anche la letteratura specialistica, che le mansioni con determinate responsabilità operative, come quelle del caposquadra, presentino valori di polvere respirabile e di percentuale di silice nettamente superiori ai rispettivi TLV, probabilmente a causa della costante vigilanza dell'attività lavorativa che li obbliga necessariamente ad un contatto più ravvicinato con le fonti di polverosità, soprattutto durante gli imprevisti e le emergenze. Ciò però non esclude le mansioni minori, come quella del minatore o del manovale, costantemente presenti al fronte scavo e quindi sottoposti a polverosità variabili tendenti al limite superiore, ma con tassi di silice respirabile comunque elevati. La possibilità per gli autisti degli autocarri e dei dumper di passare mediamente il 30% del tempo fuori la galleria, se da un lato permette loro di abbassare i tassi di polverosità respirabile a livelli quasi accettabili, ciò non si rivela sufficiente per la quantità di SLC respirata, dovuta anche al comportamento scorretto o alla cattiva pianificazione dello smarino (es. finestrini della cabina di guida sempre aperti e lunghe attese a terra all'interno della galleria prima dell'effettuazione del carico). I macchinisti dei mezzi semoventi che operano in cabina climatizzata sono sottoposti a tassi di polverosità più contenuti, ma il tenore in silice cristallina è comunque di 10-20 volte superiore al limite assicurativo (20-40 volte a quello prevenzionale). Bisogna però precisare che nelle operazioni di "infilaggio" degli elementi del preconsolidamento e consolidamento (es. pali in acciaio, VTR,...) al contorno e sul fronte, la quantità di polveri che si sprigiona è veramente rilevante, per cui il confinamento in cabina dell'operatore documenta una certa efficacia. Sebbene per il lancista sia stato possibile fare una sola misura, i valori registrati sono in linea con la tecnica esecutiva relativa alla sua mansione. Infatti, l'operatore manovra la lancia, dove si realizza la miscelazione dell'aria compressa con il calcestruzzo; il calcestruzzo spruzzato a pressione urta e aderisce alla roccia, alla rete elettrosaldata e alle centine, causando molta polvere. Per questo motivo l'operatore opera a distanza, munito di DPI. La frazione di polvere respirabile è elevata e testimonia la particolare polverosità della lavorazione, mentre l'esposizione a SLC è relativamente bassa, come si riscontra solitamente nei campionamenti dei lancisti, data il basso tenore di SLC nello spritz-beton. Si è però osservato che la specifica mansione ha una rilevanza secondaria riguardo il rischio polveri, in quanto le figure spesso sono intercambiabili nei diversi compiti: per esempio, l'escavatorista opera per solo circa il 50% di un turno di lavoro nello svolgimento della sua attività specifica.

#### 4. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti nei campionamenti effettuati durante le lavorazioni del ciclo di scavo con martellone e prerivestimento in galleria, che attraversano le formazioni geologiche granitoidi, di gneiss e di scisti, dimostrano che l'esposizione a SLC respirabile è distribuita praticamente su tutte le mansioni indagate, comportando per le relative maestranze un rischio silicotigeno importante, sia dal punto di vista assicurativo che prevenzionale. In merito a quest'ultimo aspetto, non è stato possibile conoscere le portate ed i criteri per il dimensionamento degli impianti di ventilazione - sempre funzionanti durante i lavori all'interno delle gallerie - principale forma di prevenzione primaria per la diluizione degli altri inquinanti, come gli scarichi diesel dei motori endotermici, il radon ed il grisou. Tuttavia, le precauzioni prevenzionali adottate, riscontrate durante le operazioni di monitoraggio descritte, non si sono dimostrate efficaci per il contenimento del rischio silicotigeno.

#### RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il personale dell'Ufficio Alta Sorveglianza locale dell'autostrada SA-RC dell'ANAS per il prezioso contributo fornito nell'espletamento delle indagini descritte, nonché il personale del Laboratorio di Igiene Industriale della CONTARP Centrale per il supporto professionale fornito con cortesia e tempestività.

#### BIBLIOGRAFIA

**G. Casciani et al.** (1982): La silice libera in natura e nei prodotti artificiali. Ed. INAIL. Pagg. 1-106.

**A. Iotti, B. Rimoldi** (1997): Le gallerie: esposizione a silice durante gli scavi. Atti del 1° seminario CONTARP. Pagg. 293-297.

**ISPESL** (2004): [http://www.ispesl.it/profilo\\_di\\_rischio/\\_lavori\\_stradali\\_gallerie](http://www.ispesl.it/profilo_di_rischio/_lavori_stradali_gallerie).

**E. Della Penda, M. Mecchia** (2004): Esposizione a silice libera cristallina nello scavo di gallerie stradali in provincia di Perugia. Atti del 4° Seminario CONTARP. Volume I. Pagg. 595-600.

**UNICHIM** (2006): metodo 2010. Determinazione della frazione respirabile delle particelle aerodisperse.

**ACGIH** (2008): Threshold limit value for chemical substances and physical agents - Biological Exposure Indices.



# **PROGETTO PER LO STUDIO DELL'ESPOSIZIONE A SILICE CRISTALLINA NEI LAVORI DI SCAVO E DEL CONTENUTO DI QUARZO NELLE ROCCE DELLA SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANA**

D. CANDIDO<sup>1</sup>, R. COMPAGNONI<sup>1</sup>, P. DE BLASI<sup>2</sup>, E. DELLA PENDA<sup>3</sup>, E. INCOCCIATI<sup>2</sup>, C. KUNKAR<sup>2</sup>, M. MECCHIA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INAIL – Direzione Regionale Marche – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup> INAIL – Direzione Generale – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>3</sup> INAIL – Direzione Regionale Umbria – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

Il progetto ha l'obiettivo di studiare le relazioni esistenti fra l'esposizione dei lavoratori a silice libera cristallina nelle operazioni di scavo eseguite nell'area umbro-marchigiana e i tenori di quarzo nei litotipi tipici del territorio stesso.

In questo lavoro vengono presentati gli obiettivi del progetto, le metodologie messe a punto per il campionamento dei materiali naturali e i metodi analitici di laboratorio elaborati per l'analisi del quarzo nei campioni massivi.

Il progetto si propone di analizzare i rapporti esistenti fra i valori di esposizione relativi alle operazioni di scavo, che si realizzano principalmente nei cantieri in cava e in galleria, e i contenuti di quarzo presenti nelle formazioni geologiche dell'area umbro-marchigiana. La lettura congiunta delle due tipologie di dati potrebbe fornire una nuova chiave di interpretazione dei valori di esposizione che si riscontrano in tali cantieri, e consentire un approccio alla prevenzione delle patologie dovute all'esposizione a silice libera cristallina fondato su basi più corrette.

Obiettivo ultimo dello studio è di rendere maggiormente consapevoli le imprese che operano nel settore estrattivo e, soprattutto, nella realizzazione di gallerie o di altre opere in sottosuolo, del rischio legato alle polveri silicotigene che si può generare nelle attività di scavo.

## **SUMMARY**

CONTARP Centrale, CONTARP Marche and CONTARP Umbria have developed a project concerning the study of relationship between workers' exposure to respirable crystalline free silica in digging works in Marche-Umbria regions and the quartz content in the lithotypes of Umbro-Marchigiana geological sequence.

The analysis of two sets of data could give a new interpretation of the exposure's values which are found in digging sites and allow a more correct approach to prevention of occupational diseases due to respirable crystalline free silica.

This paper presents the aims of such project, the procedures of sampling grounds defined during geological surveys, the methods for laboratory analysis of quartz in massive samples.

Final aim of this study is to make building firms more aware of risk due to siliceous dusts during digging works in the lithotypes of Umbro-Marchigiana sequence.

## **1. INTRODUZIONE**

L'esposizione a polveri contenenti silice libera cristallina (SLC) è uno dei rischi più caratteristici per i lavoratori impegnati nelle attività di scavo in galleria. Se da un lato la comunità scientifica si è molto impegnata per mettere a punto strumenti analitici e valutativi per la caratterizzazione del rischio professionale, dall'altro le aziende che svolgono attività di scavo non sempre recepiscono correttamente tali indirizzi tecnici e, di conseguenza, i documenti di valutazione del rischio (DVR) risultano spesso molto carenti in tema di valutazione di rischio polveri.

Nel corso dei sopralluoghi effettuati in galleria negli ultimi anni, ai fini istituzionali dell'accertamento del rischio silicosi, la CONTARP dell'INAIL ha constatato una sistematica sottovalutazione di tale agente di rischio. In più occasioni, anche gli operatori del SSN, impegnati nella sorveglianza dei lavori di scavo condotti su tutto il territorio nazionale, hanno sottolineato la necessità che il DVR, nella sezione dedicata al rischio di esposizione a SLC, prenda in considerazione i seguenti elementi:

1. caratterizzazione geologica degli strati di roccia interessati dagli scavi e, ove possibile, determinazione diffrattometrica del relativo contenuto in quarzo;
2. dettagliata descrizione delle lavorazioni che espongono a SLC (durata, numero di lavoratori coinvolti, attrezzature impegnate, ...);
3. livello dell'esposizione personale dei lavoratori a SLC;
4. misure preventive e protettive già adottate e da adottare.

Le carenze che spesso si registrano nei DVR hanno evidenti ricadute sia sulla scelta delle misure di prevenzione da attuare per la riduzione del rischio sia rispetto alla programmazione della sorveglianza sanitaria che, in assenza di dati di esposizione, possono condurre a eccessi e difetti nell'effettuazione di accertamenti integrativi e difficoltà nella loro interpretazione.

Dall'insieme di queste considerazioni trae origine il progetto "Relazioni fra l'esposizione a silice libera cristallina nei lavori di scavo e il contenuto di quarzo nelle rocce della successione Umbro-Marchigiana", nato dalla collaborazione fra la CONTARP Centrale, la CONTARP Marche e la CONTARP Umbria. Si sottolinea, a tal proposito, che i dati di letteratura sul contenuto di quarzo nelle rocce sono spesso carenti e quasi sempre poco conosciuti da parte di chi effettua la valutazione dei rischi.

Uno degli obiettivi più rilevanti dello studio è di rendere consapevoli le imprese che operano nel settore estrattivo, e soprattutto nella realizzazione di gallerie o di altre opere in sottosuolo, del rischio derivante dalle polveri silicotigene nelle attività di scavo.

Per quanto riguarda la territorialità del progetto, si deve osservare che la varietà di ambientazioni geologiche che caratterizza il territorio nazionale induce a concentrare l'attenzione su aree di estensione regionale, connotate da una storia geologica comune. E' questo il motivo che ha spinto a scegliere un'area specifica, il territorio delle regioni Umbria e Marche, come primo ambito di intervento di uno studio che potrebbe successivamente essere esteso ad altre aree del Paese.

## 2. PROGRAMMA DEL PROGETTO

Il progetto si articola in tre punti:

- A) raccolta dei dati di esposizione dei lavoratori a SLC respirabile durante operazioni di scavo nei cantieri dell'Umbria e delle Marche;
- B) campionamento di campioni massivi delle rocce della successione umbro-marchigiana e determinazione in laboratorio del tenore di SLC;
- C) integrazione dei due livelli di studio ed elaborazione documenti conclusivi.

Le informazioni di interesse relativamente all'esposizione a polveri silicotigene saranno estratte dagli archivi delle CONTARP delle Regioni Umbria e Marche.

Per quanto concerne il punto B, il progetto si ricollega alle ricerche effettuate dalla CONTARP nel passato, i cui risultati sono riportati nelle pubblicazioni edite dall'Istituto per la guida al riconoscimento delle fonti di rischio ad uso del personale addetto alla vigilanza (PAROTTO & VERDEL, 1980; CASCIANI *et al.*, 1982). Le operazioni di campionamento delle rocce e di analisi di laboratorio per la determinazione del quarzo richiedono la messa a punto di procedimenti specifici. Le determinazioni analitiche saranno basate sulla diffrattometria dei raggi X, ampiamente consolidata ma che richiede miglioramenti nel caso dell'analisi dei campioni massivi.

La sovrapposizione delle due tipologie di dati potrebbe fornire una nuova chiave di interpretazione dei valori di esposizione che si riscontrano nei cantieri di scavo, e consentire un approccio alla prevenzione delle patologie dovute all'esposizione a SLC fondato su basi più corrette.

### 3. METODOLOGIE DI STUDIO

Dati i particolari obiettivi dello studio, sono stati messi a punto i procedimenti e i metodi specifici per il campionamento delle rocce e per l'analisi diffrattometrica dei campioni massivi, riportati nel seguito.

#### 3.1 Metodologia di campionamento delle formazioni geologiche

Come si può arrivare a definire il contenuto in quarzo in una successione di "rocce" presenti in un territorio?

Innanzitutto è necessario conoscere la "litostratigrafia" del territorio. La litostratigrafia suddivide e gerarchizza le successioni rocciose in unità formali, distinte sulla base della loro litologia, cioè dei caratteri fisico-chimici (composizione, tessitura, strutture, colore) che definiscono l'aspetto di una roccia (APAT, 2002).

La "formazione" geologica è l'unità litostratigrafica fondamentale. Indica un corpo roccioso distinguibile da quelli adiacenti sulla base delle caratteristiche litologiche e dalla sua posizione stratigrafica (età, generalmente stabilita in base al contenuto fossilifero). Una formazione può anche avere al suo interno discontinuità deposizionali a meno che non coincidano con significativi cambiamenti litologici. E' però fondamentale che una formazione sia facilmente riconoscibile sul terreno, che sia cartografabile e che abbia una complessiva omogeneità litologica.

Il lavoro di istituzione delle formazioni, naturalmente, già è stato realizzato e il risultato principale è rappresentato dalle carte geologiche, che riportano gli affioramenti delle formazioni.

Gran parte delle formazioni geologiche tipiche della Successione Umbro-Marchigiana si sono formate secondo "sequenze stratigrafiche" che si sono ripetute nel tempo, formando spessori di depositi anche notevoli. Per esempio, la formazione "Marnoso-Arenacea" è il risultato della stratificazione di correnti di torbida sottomarine, in cui ogni strato ha uno spessore di alcuni decimetri ed è costituito da una parte bassa a granulometria più grossa (sabbiosa) e da una parte alta di materiale marnoso. Naturalmente il contenuto di quarzo nelle due parti dello strato potrebbe essere diverso. Strato dopo strato, lo spessore complessivo della formazione è di circa 2000 m, e sull'area regionale la variabilità verticale e orizzontale della formazione può essere rilevante.

La ciclicità in una successione sedimentaria, indotta dai periodi dei parametri orbitali terrestri, può produrre alternanze ritmiche di litologie diverse. Per esempio la formazione delle "Marne a Fucoidi", ampiamente rappresentata nell'area Umbro-Marchigiana, ha uno spessore complessivo di circa 75 m ed è disposta in sequenze ritmiche, evidenziate da variazioni cromatiche e da variazioni nel contenuto di carbonato di calcio che causano l'alternanza di strati più calcarei e strati argilloso-marnosi.

In considerazione di quanto detto, per definire il contenuto medio di quarzo di ogni formazione geologica, è stato approntato un programma di campionamenti che prevede le seguenti attività:

1. scelta di un certo numero di località rappresentative dell'Appennino Umbro-Marchigiano, ben note dal punto di vista geologico;
2. per ogni località, definizione sulle carte geologiche delle zone utili per il campionamento delle diverse formazioni geologiche; generalmente saranno preferiti i tagli stradali; ogni formazione dovrà essere campionata in almeno 3 diverse località;
3. sopralluogo e campionamento; in ogni sito di campionamento si svolgeranno le seguenti attività:
  - a. posizionamento dell'affioramento sulla carta geologica (coordinate GPS);
  - b. verifica della formazione geologica affiorante (per esempio: formazione della "Scaglia Bianca") e documentazione fotografica;
  - c. individuazione sull'affioramento dei diversi litotipi presenti (per esempio, nella formazione della "Scaglia Bianca": 1) strato di calcare; 2) nodulo di selce; 3) interstrato marnoso);
  - d. osservazione (misurazione) dei rapporti percentuali fra i vari litotipi (per esempio: calcare 85%; selce 4%; marna 1%);
  - e. prelievo di un campione di ogni litotipo (almeno 200 g).

Si prevede di campionare 16 formazioni geologiche (vedi par. 4), generalmente rappresentate da 2-3 litotipi ciascuna, in almeno 3 diverse aree geografiche dell'Appennino Umbro-Marchigiano, per un totale di 100-150 campioni da inviare in laboratorio.

### **3.2 Metodologia di preparazione ed analisi dei campioni di roccia delle formazioni geologiche**

#### *3.2.1 Preparazione dei campioni per l'analisi*

Una aliquota di materiale del peso di circa 100 g viene manualmente frantumata con l'uso di un martello (adottare le opportune precauzioni di sicurezza) e passata al setaccio di 2,8 mm fino ad ottenere un'aliquota di 80 g, che viene frantumata in un mulino a palle planetario con giara di carborundum.

Il microassorbimento è probabilmente un fattore che influenza in maniera rilevante l'accuratezza nella determinazione di dati di intensità, ed il miglior modo per eliminare questo effetto di microassorbimento è la riduzione dimensionale. La questione fondamentale diventa allora individuare la granulometria ottimale. Un ragionevole ed ottenibile limite dimensionale superiore dei grani (particella meccanicamente libera presente nella polvere) pare essere di 10  $\mu\text{m}$  se si attendono effetti di microassorbimento o se il campione contiene grandi e perfetti cristalliti (fase singola e continua che occupa una parte o l'intero volume di un grano). Se nessuna di queste condizioni sussiste può essere soddisfacente una macinazione meno drastica a 20-30  $\mu\text{m}$  (ZEVIN & KIMMEL, 1995).

Per ottenere i parametri di settaggio del mulino ottimali per raggiungere questa dimensione granulometrica media è stato necessario effettuare una serie di prove di macinazione, e al termine di ogni prova verificare le dimensioni della polvere al granulometro laser.

Dopo la macinazione, una frazione ben miscelata della polvere (circa 2 g) viene utilizzata per la preparazione della pasticca per l'analisi diffrattometrica.

Nel caso di alcuni particolari litotipi, come la selce e le argille, sono previsti ulteriori procedimenti per preparare la pasticca di polvere e migliorare il risultato analitico.

#### *3.2.2 Analisi per diffrattometria dei raggi X*

Per ogni formazione geologica saranno costituiti dei lotti omogenei di materiale aventi caratteristiche litologiche simili (per esempio: strati calcarei, interstrati marnosi, livelli e noduli di selce, parti arenacee e parti marnose delle formazioni silico-clastiche, ecc.).

Due diversi metodi d'analisi, fondati sulla misura delle intensità di picco, sono stati messi a punto per l'analisi diffrattometrica quantitativa del contenuto in quarzo dei campioni. L'applicazione dell'uno piuttosto che dell'altro viene determinata in base al valore del rapporto  $I_{ij}/(I_{ij})_0$  essendo  $(I_{ij})_0$  il valore di intensità del picco principale ( $i$ ) del quarzo (fase  $j$ ) di uno standard puro e  $I_{ij}$  il valore di intensità del picco principale del quarzo nel campione di interesse:

A) Campioni per i quali è soddisfatta la condizione  $0 \leq I_{ij}/(I_{ij})_0 < 0,2$  ;

B) Campioni per i quali  $I_{ij}/(I_{ij})_0 \geq 0,2$ .

Le analisi iniziano determinando, in successione nello stesso giorno:

1. il valore di intensità del picco principale del quarzo sullo standard puro  $(I_{ij})_0$  ;

2. il valore di intensità del picco principale del quarzo nel campione di interesse  $I_{ij}$  ;

e calcolando il rapporto tra le due intensità  $I_{ij}/(I_{ij})_0$ . Si procede quindi in uno dei due modi sopra elencati e di seguito descritti, a seconda del valore di  $I_{ij}/(I_{ij})_0$  sperimentalmente determinato nel caso specifico.

#### ***Campioni per i quali è soddisfatta la condizione $0 \leq I_{ij}/(I_{ij})_0 < 0,2$ : metodo delle aggiunte***

Il metodo assume che il coefficiente di assorbimento di massa del campione rimanga circa costante durante il dosaggio.

In generale il metodo consiste nell'aggiunta di quantità note della fase pura ad un campione che contiene una frazione incognita della stessa fase. L'utilizzo di questo metodo comporta il vantaggio che tutti i campioni di una formazione geologica aventi simili caratteristiche litologiche per i quali

la condizione è soddisfatta si considerano appartenenti al medesimo lotto e possono essere analizzati tal quali, a meno di un unico campione assunto come riferimento che viene invece dopato.

Operativamente viene effettuata l'analisi diffrattometrica del quarzo su tutti i campioni del lotto e viene individuato quello col valore  $(I_{ij})_{min}$  minimo: questo campione viene utilizzato come riferimento e dopato effettuando in successione due aggiunte di standard di quarzo. Pertanto, ai fini della costruzione della retta di taratura vengono effettuate le seguenti tre misure:

1. lettura dell'intensità del picco principale del quarzo sul campione tal quale assunto come riferimento  $(I_{ij})_{min}$ ;
2. lettura dell'intensità del picco principale del quarzo sul campione assunto come riferimento, opportunamente dopato in maniera tale da leggere un valore di intensità circa pari a 1,5  $(I_{ij})_{min}$ ;
3. lettura dell'intensità del picco principale del quarzo sul campione assunto come riferimento, opportunamente dopato in maniera tale da leggere un valore di intensità circa pari a 2  $(I_{ij})_{min}$ .

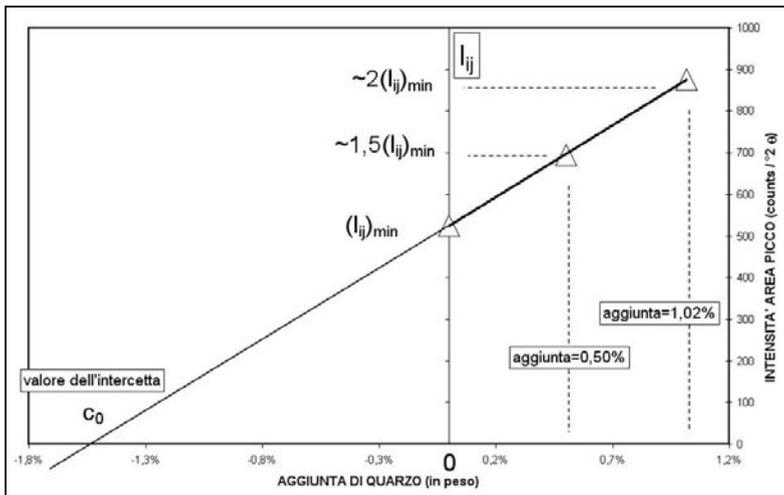


Figura 1: Tipica retta di taratura del metodo delle aggiunte.

Si deve notare che la retta viene utilizzata non per estrapolare direttamente i valori delle frazioni in peso di quarzo negli altri campioni del lotto, ma per ottenere le seguenti informazioni:

- 1) la frazione in peso di quarzo presente nel campione di riferimento non dopato:  $c_j = c_0 (1 - c_0)$ , ove  $c_0$  è il valore dell'intercetta della retta con l'asse delle ascisse;
- 2) il coefficiente angolare della retta  $\Phi = (K_{ij}/\mu^*) = (I_{ij}/c_{ij})$ ,  
dove  $K_{ij}$  è la costante di calibrazione (correlata all'angolo di dispersione, alle caratteristiche strumentali e alle caratteristiche della fase) e  $\mu^*$  è il coefficiente di assorbimento.

Si risale alla quantità di quarzo presente in un generico campione incognito  $n$  appartenente al medesimo lotto applicando la seguente formula:

$$(c_{ij})_n = (I_{ij})_n / \Phi$$

dove:

$(c_{ij})_n$  è la frazione in peso di quarzo presente in un campione incognito dello stesso lotto;

$(I_{ij})_n$  è il valore di intensità del picco del quarzo nel medesimo campione incognito.

**Campioni per i quali  $I_{ij} / (I_{ij})_0 \geq 0,2$  : metodo RIR**

Il metodo consiste nella preparazione e nell'analisi di campioni ottenuti aggiungendo alla miscela in esame una frazione nota di corindone.

Il RIR è definito come il rapporto tra il picco più intenso di una generica fase  $j$  (quarzo nel nostro caso) ed il picco del piano angolare [113] più intenso del corindone, in una miscela avente rapporto in peso 1:1.

I RIR sono calcolati per una radiazione  $\text{CuK}\alpha$ , con una geometria Bragg-Brentano *focusing* a riflessione con slitta divergente costante.

In letteratura sono disponibili i RIR per moltissime fasi diverse, liberamente applicabili al problema specifico, ma l'approccio migliore consiste nel determinare un proprio RIR per la specifica applicazione.

Il RIR viene determinato a partire da miscele che di fatto non sono esattamente 1:1, ma delle quali sono note la frazione in peso e le intensità relative dei picchi impiegati per le due fasi. La formula per il calcolo del RIR è:

$$(\text{RIR})_j = \frac{c_c}{c_j} \cdot \frac{a_{kc}}{a_{ij}} \cdot \frac{I_{ij}}{I_{kc}}$$

dove:

$c_c$  e  $c_j$  sono le frazioni in peso del corindone e della fase di interesse (quarzo) nella miscela;

$a_{kc}$  e  $a_{ij}$  sono le intensità relative dei picchi impiegati;

$I_{kc}$  e  $I_{ij}$  sono le intensità osservate dei picchi impiegati.

In pratica per la determinazione di un proprio RIR si procede nel modo che segue.

Si preparano, per pesata e successiva miscelazione, una serie di miscele omogenee di uno standard puro di quarzo e dello standard di corindone che verrà impiegato per la preparazione dei successivi miscugli sui campioni incogniti, in rapporti il più possibile vicini a 1:1, esattamente noti.

Si effettua l'analisi diffrattometrica sui picchi principali del quarzo e del corindone e se ne fa il rapporto, applicando la formula precedente in cui si è tenuto conto delle rispettive frazioni in peso.

Si calcola la media dei valori dei singoli RIR ottenuti, che si utilizzerà come RIR di riferimento per le analisi del quarzo in campioni incogniti nelle medesime condizioni.

Per l'analisi del quarzo in un campione incognito si prepara una sua miscela in rapporto circa 1:1 con il corindone, se ne registra il peso e si effettua l'analisi diffrattometrica. Si applica quindi la formula seguente:

$$c_j = \frac{c_s}{1 - c_s} (\text{RIR}) S_{js}$$

in cui:

$c_j$  è la frazione in peso del quarzo nel campione;

$S_{js}$  è il rapporto tra le intensità dei picchi analitici del quarzo e del corindone nel campione analizzato;

$c_s$  è la frazione in peso di corindone nella miscela;

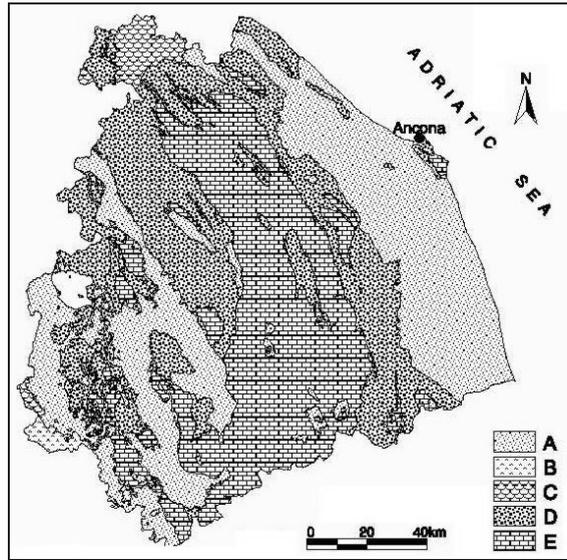
RIR è il valore di riferimento sperimentalmente determinato.

#### 4. LA SUCCESSIONE GEOLOGICA UMBRO-MARCHIGIANA

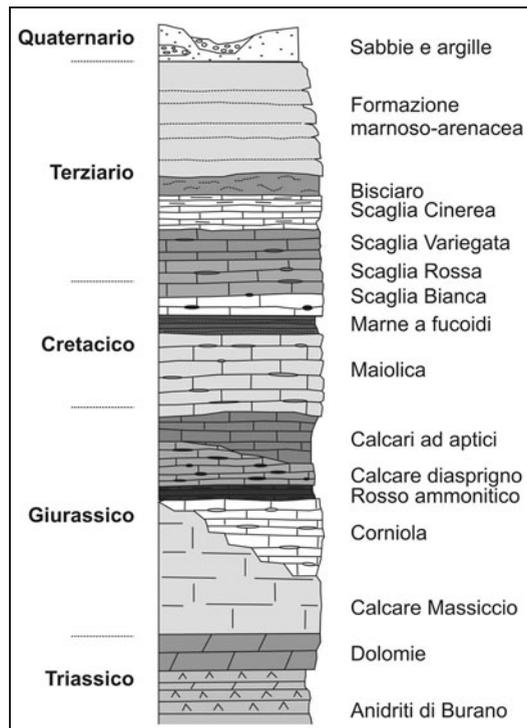
Sembra utile riportare una descrizione dei materiali naturali che costituiscono l'oggetto dello studio, e cioè le formazioni geologiche della successione Umbro-Marchigiana.

Il paesaggio Umbro-Marchigiano è modellato in rocce che si sono formate e trasformate nell'arco di oltre 200 milioni di anni. La successione geologica è rappresentata quasi per intero da rocce sedimentarie (Fig. 2).

La successione geologica, suddivisa nelle formazioni geologiche che la costituiscono (connotate da un numero progressivo nel testo), è rappresentata graficamente in Figura 3 e descritta di seguito.



**Figura 2:** Complessi litologici nella regione Umbro-Marchigiana. A) Sedimenti successivi all'orogenesi (sabbie e argille). B) Rocce vulcaniche. C) Sequenze alloctone (argille, marne, arenarie e calcareniti; calcari dell'Eocene-Miocene; gessi). D) Flysch (marnoso-arenacea). E) Rocce carbonatiche (dolomie, calcari, marne della sequenza Umbro-Marchigiana).



**Figura 3:** Colonna stratigrafica della successione Umbro-Marchigiana.

### **Parte basale della successione Umbro-Marchigiana (Trias superiore–Giurassico inferiore)**

Nel Trias superiore l'area Umbro-Marchigiana fu occupata da un esteso bacino evaporitico in cui si depositarono i materiali che oggi costituiscono la formazione delle Anidriti del Burano (alternanze di gesso e dolomia o brecce calcaree) per uno spessore presunto di oltre 1000 m che però si rinviene in affioramento in poche località, e che perciò non è stata inclusa in questo studio. Successivamente si depositarono i sedimenti carbonatici delle Dolomie del Monte Cetona e dell'importante formazione del Calcare Massiccio.

1. “Calcare Massiccio”: costituisce una formazione compatta, stratificata in banchi di molti metri di spessore; priva di intercalazioni significative.

### **Parte media della successione Umbro-Marchigiana (Giurassico inferiore–Paleogene)**

Per effetto di azione tettoniche distensive, connesse all'apertura del bacino oceanico Ligure, la piattaforma carbonatica si frammentò e in alcune aree gradualmente sprofondò. Il fenomeno tettonico provocò la suddivisione dell'area corrispondente all'Appennino centrale in due settori paleogeografici ben definiti: la piattaforma Laziale-Abruzzese che rimase in condizioni di mare basso, ed il bacino Umbro-Marchigiano che fu soggetto ad una rapida subsidenza ed accolse una sedimentazione di tipo pelagico.

Il bacino pelagico che si formò dopo l'annegamento della piattaforma presentava un fondale estremamente articolato con blocchi diversamente rialzati ed inclinati. Queste variazioni nella batimetria e nella velocità di subsidenza sono registrate da successioni sedimentarie diverse da zona a zona. Le formazioni geologiche, in successione cronologica dalla più antica alla più giovane, sono descritte di seguito.

2. “Corniola”: calcare micritico grigio, omogeneo e regolarmente stratificato; spessore variabile da qualche metro a 200 m con strati di 20-40 cm; presenta selce in liste e noduli soprattutto nella parte alta della formazione.
3. “Marne del Monte Serrone”: Alternanze di calcari marnosi e argille con un livello a marne o argille scure, contenente sostanza organica bitumizzata, che si estende con continuità in tutto il bacino Umbro-Marchigiano.
4. “Rosso Ammonitico”: alternanze di livelli di marne e calcari rossi; il tenore in argilla diminuisce verso l'alto stratigrafico; ricco in fossili di ammoniti.
5. “Calcari e marne a posidonia”: marne nella parte basale passanti a calcari micritici caratterizzati dalla presenza di gusci di posidonia (lamellibranchi).
6. “Calcari diasprigni”: livelli calcarei intercalati a selce, di spessore variabile: da varie decine di metri decrescono fino a sparire verso le zone di alto strutturale.
7. “Calcari ad aptici”: calcari micritici sottilmente stratificati contenenti fossili di aptici ed echinodermi.
8. “Maiolica”: calcari micritici bianchi ben stratificati con selce grigio-nera per uno spessore variabile da 20 a 400 m. Presenta nella parte alta, livelli argillosi scuri in frequenza e spessore crescenti al passaggio con la sovrastante formazione.
9. “Marne a fucoidi”: argille marnose, marne e in subordine calcari marnosi per uno spessore di 45-90 m. Gli strati presentano le tipiche bioturbazioni dei fucoidi.
10. “Scaglia bianca”: Calcari micritici bianchi con selce nera per uno spessore di 50-70 m. La parte superiore contiene un livello nero (“Bonarelli”) composto da argilliti e siltiti per uno spessore di 45-200 cm, che corrisponde ad un evento anossico.
11. “Scaglia rossa”: calcari micritici regolarmente stratificati (10-15 cm) con intercalazioni marnose e selcifere rossastre per uno spessore di 200-400 m.
12. “Scaglia variegata”: calcari marnosi e marne calcaree stratificati per uno spessore di 20-40 m, di colore variabile dal rosa al bianco, dal bianco al grigio-verde.
13. “Scaglia cinerea”: Marne e calcari marnosi color grigio o grigio-verde per uno spessore di 100-200 m.

In tutta l'area Umbro-Marchigiana la parte sommitale, selciferà, ha termine con un orizzonte vulcanoclastico (livello Raffaello) corrispondente al limite Oligocene-Miocene.

### **Parte superiore della successione Umbro-Marchigiana (Oligocene–Miocene)**

Nel Miocene il dominio Umbro-Marchigiano fu soggetto ad un regime orogenico: le fasi del corrugamento modificarono la morfologia dei fondali ed influenzarono la sedimentazione. Si individuaronò dei bacini di avanfossa orientati in senso appenninico che si spostarono progressivamente verso Est. Le successioni che si deposero in questi bacini sono caratterizzate inizialmente dai prodotti dell'attività vulcanica connessa all'orogenesi e successivamente dalla presenza di elevati spessori di torbiditi (sedimenti clastici che si depositano sul fondo marino in corrispondenza del piede della scarpata continentale in seguito all'apporto di grandi volumi di materiali provenienti dall'erosione delle terre emerse). La sequenza sedimentaria è raggruppata in tre formazioni geologiche:

14. "Bisciario": Marne e calcari marnosi grigi e grigio-verdi con selce grigio-nera e intercalazioni di cineriti, tuffiti e bentoniti vulcaniche. Lo spessore è variabile da 15 a 70-80 m.
15. "Schlier": è presente nelle Marche al di sopra del Bisciario, costituita da alternanze di marne e marne argillose in strati sottili e da torbiditi calcaree in strati più spessi.
16. "Formazione Marnoso-Arenacea": marne emipelagiche e successivamente arenarie torbiditiche; si distinguono successioni differenti in base alle caratteristiche litologiche e all'età procedendo da W verso E.

Nel Miocene superiore buona parte dell'area marchigiana rimase soggetta a sedimentazione marina, infatti troviamo i depositi evaporatici legati alla crisi di salinità che interessò tutto il Mediterraneo nel Miocene superiore, mentre l'area umbra entrò in piena fase di deformazione ed arrivò ad emergere. Nel Pliocene buona parte di Toscana e Umbria furono nuovamente invase dal mare, si formarono depositi marini e continentali di sabbie e conglomerati, argille, silt.

## **5. CONCLUSIONI**

Il Progetto per lo studio delle relazioni esistenti fra l'esposizione dei lavoratori a SLC nei lavori di scavo e il contenuto in quarzo nelle rocce oggetto dello scavo si è avviato con la messa a punto di metodologie per il campionamento delle formazioni geologiche e per le analisi di laboratorio dei campioni massivi.

Il rischio di esposizione a polveri, e in particolare a SLC, è certamente un aspetto importante da considerare nel DVR che si elabora per cantieri in cui sono previste operazioni di scavo in galleria.

Questo documento deve essere redatto prima dell'inizio dei lavori, e quindi si deve basare su previsioni di polverosità che dipendono dalle informazioni dedotte dalla geologia di superficie e dai sondaggi geognostici, che rivelano le formazioni geologiche che probabilmente verranno attraversate dagli scavi.

A seconda dei terreni attraversati, e cioè del contenuto in quarzo delle rocce interessate, lo scavo determinerà una esposizione maggiore o minore a SLC.

La conoscenza del contenuto di quarzo nelle rocce è quindi basilare in un cantiere di questo tipo al fine di approntare le misure di prevenzione e protezione ottimali per il caso specifico. La ricerca delle relazioni fra esposizione dei lavoratori a SLC e contenuto in quarzo della roccia in scavo sembra quindi di fondamentale importanza per una corretta valutazione dei rischi.

## **BIBLIOGRAFIA**

**APAT:** Guida italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica, 2002, APAT, Quaderni, Serie III, Vol. 9, 155 p.

**G. Casciani, G. Ripanucci, U. Verdel:** La silice libera in natura e nei prodotti artificiali, 1982, Collana di monografie tecniche sulle malattie professionali, n. 1, Edizioni INAIL, pagg. 1-106.

**M. Parotto, U. Verdel:** Individuazione di aree di rischio da calcari. INAIL, 1980, Rivista degli Infortuni e delle Malattie Professionali, fasc. 1-2 (Gennaio-Aprile 1980), pagg. 131-146.

**SGI:** Appennino Umbro-Marchigiano, 1994, Società Geologica Italiana, Guide Geologiche Regionali, BE-MA editrice, 301 p.

**L.S. Zevin, G. Kimmel:** Quantitative X-Ray Diffractometry, 1995, Springer-Verlag, 253 p.

# APPLICAZIONE DEL NUOVO REGOLAMENTO EUROPEO REACH A SOSTANZE IN SCALA NANOMETRICA COSTRUITE O IMPORTATE

G. CASTELLET Y BALLARÀ, C. KUNKAR

INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## RIASSUNTO

I nanomateriali sono conosciuti anche come nano-oggetti o materiali nanostrutturati in accordo alle definizioni riportate nei documenti della Commissione ISO TC 229 “Nanotecnologie”. I nano-oggetti sono materiali confinati in una, due o tre dimensioni in scala nanometrica, tipici esempi sono nanolastra, nanoasta, nanofilamento, nanotubo, punto quantico e nanoparticella. Con poche eccezioni la maggior parte delle sostanze immesse sul mercato ricade nella classificazione REACH. Il REACH richiede una valutazione del rischio chimico dei nanomateriali effettuata sulla base di test concepiti per materiale in scala differente, l'applicazione di tali test risulta attualmente di difficile realizzazione.

## SUMMARY

By definition on ISO/TC 229 Nanotechnologies Commission report, nanomaterials are nano-objects or nanomaterials engineered. Nano-objects are material with one, two or three nanoscale dimension as nanoplate, nanorod, nanowire, nanotube, quantum dot and nanoparticle. With certain exceptions all substances are REACH detected. REACH requested nanomaterials chemical risk assessment on bulk substance test used basis. The use of this test appears difficult to carry out.

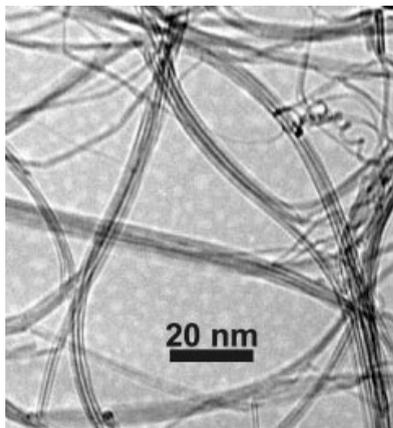
## 1. INTRODUZIONE

La Nanotecnologia consiste nella manipolazione della materia in scala sub-atomica per produrre nuove strutture, materiali e dispositivi. La materia prima utilizzata in questa attività è costituita da particelle nanometriche (PN), dette anche ingegnerizzate o costruite. Questa tecnologia ha la capacità di modificare molte industrie ed essere applicata in molti campi, dalla medicina al manifatturiero. La ricerca tecnologica in scala nanometrica sta rapidamente crescendo nel mondo. Nuovi materiali sono stati scoperti o prodotti e sono state fatte scoperte sorprendenti sulle loro proprietà, comportamento e applicazioni. Oltre 800 prodotti contenenti nanomateriali sono stati inventariati dal Woodrow Wilson Center's Project on Emerging Nanotechnologies. Questi prodotti contenenti nanomateriali comprendono rivestimenti, computer, abbigliamento, cosmesi, equipaggiamenti sportivi, prodotti dietetici e dispositivi medicali.



Un crescente numero di studi indica che le PN aerodisperse possono presentare, se inalate, rischi per la salute e che tale rischio non è adeguatamente monitorato da metodi convenzionali di valutazione dell'esposizione. Evidenze scientifiche suggeriscono che le nanoparticelle possono essere biologicamente più reattive di quelle più grandi di composizione chimica simile per unità di massa e quindi possono presentare un rischio maggiore se inalate. Diversi studi su animali suggeriscono che è possibile attendersi patologie polmonari (come cancro, infiammazioni, formazione di granulomi, fibrosi e difficoltà respiratorie) per esposizione a nanopolveri di ossidi metallici e nanotubi di carbonio.

La presenza dei nanomateriali costruiti nei luoghi di lavoro e nell'ambiente di vita rappresenta quindi una immediata sfida su come gestire effettivamente la salute e sicurezza negli ambienti di vita e di lavoro.



Ancora poco è conosciuto su quali possono essere i rischi immediati o come gestirli. E ancora meno è conosciuto riguardo le strategie per prevedere e gestire i rischi derivanti dall'applicazione di queste nuove tecnologie nei prossimi anni (G. Castellet y Ballarà , C. Kunkar *et al.*, 2009). Secondo il regolamento REACH sulle sostanze chimiche, i produttori, importatori e utilizzatori hanno l'obbligo di garantire che l'uso di tali sostanze non arrechino danno alla salute umana o all'ambiente. Anche se il REACH non si riferisce in modo specifico alle sostanze in scala nanometrica, tuttavia, visto che il regolamento riguarda tutte le sostanze in qualsiasi dimensione, forma o stato fisico, le sue disposizioni dovranno essere applicate anche ai nanomateriali. Le incertezze ancora presenti in merito ai potenziali rischi per la salute e sicurezza associati ai

nanomateriali, l'assenza di standards specifici per l'esposizione lavorativa e per i test tossicologici riguardanti le nanoparticelle non facilitano al momento l'applicazione del regolamento REACH, mentre suggeriscono un approccio precauzionale per controllare la produzione, l'uso, lo stoccaggio e la manipolazione di tali particelle.

## 2. IL REGOLAMENTO REACH E I NANOMATERIALI

Il primo giugno 2007 è entrato in vigore il Regolamento (CE) n. 1907/2006, noto come REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances) (REACH, 2006). Il Regolamento istituisce un nuovo quadro normativo in materia di immissione in commercio delle sostanze chimiche, abrogando in gran parte quello preesistente. Si applica non solo ai produttori e agli importatori di sostanze chimiche ma, anche agli utilizzatori con ripercussioni sia sui lavoratori impiegati nei processi, sia sul cittadino in quanto utilizzatore finale. L'obiettivo principale del Regolamento è quello di assicurare un livello più elevato di protezione della salute umana e dell'ambiente garantendo la competitività dell'industria chimica europea. Tale obiettivo sarà raggiunto attraverso l'obbligo di registrazione delle sostanze e la richiesta di informazioni relative alla loro sicurezza ("no data, no market"). In fase quindi di valutazione verrà applicato il "principio di precauzionalità" che suggerisce l'adozione di azioni cautelative allorché le conoscenze scientifiche siano insufficienti. Il REACH prevede la registrazione di tutte le sostanze prodotte o importate nell'Unione Europea in quantità superiore a 1 tonnellata/anno. Alla domanda di registrazione devono essere allegati informazioni tecniche riguardanti le proprietà, l'uso, la classificazione delle sostanze e una guida per l'utilizzo in condizioni di sicurezza. Per i quantitativi invece superiori alle 10 tonnellate per anno deve essere allegato un documento di valutazione della pericolosità della sostanza e nel caso in cui risulti classificata (persistente, bioaccumulabile o tossica) devono essere indicati gli scenari di esposizione e una valutazione del rischio. Inoltre, ai fini della valutazione della sostanza, l'Agenzia Europea per le sostanze chimiche (ECHA) può richiedere qualsiasi informazione indipendentemente dalle prescrizioni minime stabilite dal REACH. Le disposizioni contenute in tale regolamento non si riferiscono esplicitamente alle sostanze in scala nanometrica anche se queste rientrano nella definizione di "sostanza" data dal regolamento REACH.

La mancanza di una precisa definizione nell'ambito del REACH riferita ai nanomateriali sottolinea la necessità di definire e uniformare la terminologia in ambito europeo e internazionale. È stata infatti recentemente pubblicata la norma ISO/CEN TS 27687 proprio sulla terminologia e definizioni dei materiali nanometrici che potrebbe far chiarezza e aiutare i produttori e gli

importatori già in fase di registrazione delle sostanze in scala nanometrica (ISO - International Standardization Organisation, 2008).

### 3. REGISTRAZIONE DELLE SOSTANZE IN SCALA NANOMETRICA

Ai sensi del regolamento REACH la registrazione, quando è necessaria, deve contenere tutte le informazioni per l'identificazione della sostanza. Nella maggior parte dei casi una sostanza è completamente identificata per mezzo della sua composizione chimica, come nel caso di un mono o multi componente ben definito. Tale semplice identificazione può valere per la maggior parte delle sostanze ma non risulta adeguata nel caso di alcune sostanze in scala nanometrica, dove per la loro

corretta identificazione possono essere necessarie nuove informazioni sulla caratterizzazione, forma e proprietà fisico-chimiche. Il comportamento e gli effetti sanitari delle sostanze in scala nanometrica dipendono da numerose caratteristiche che comprendono le dimensioni, la concentrazione numerica delle particelle, l'area di superficie, la carica e la reattività superficiale. Queste caratteristiche devono essere prese in considerazione per la valutazione dei rischi per la salute umana e per l'ambiente. Per identificare i pericoli specifici associati con le sostanze in scala nanometrica possono essere richiesti test e informazioni supplementari e per la loro identificazione le attuali linee guida sui test tossicologici possono essere modificate in accordo con le disposizioni riportate nell'Allegato XI sezione 1.1.2 del regolamento



REACH (European Commission, 2008).

Le informazioni relative alle sostanze in scala nanometrica devono anche essere condivise con altri produttori e importatori della stessa sostanza. Le sostanze incluse in un articolo devono inoltre essere registrate e riportare informazioni se è prevedibile un rilascio in condizioni normali di impiego. Il dichiarante ha l'obbligo di aggiornare i dati della registrazione nel caso di nuove informazioni in merito alle quantità prodotte o importate, all'impiego e sui rischi per la salute umana e per l'ambiente. Se una sostanza chimica già esistente sul mercato in forma convenzionale viene immessa in forma nanometrica, dovrà essere aggiornato il fascicolo di registrazione con le informazioni specifiche di tale sostanza. Attualmente la carenza di informazioni e conoscenze relative alle nanotecnologie non permette però una completa identificazione e classificazione per tali particelle nanometriche.

### 4. VALUTAZIONE

Le sostanze che sono state registrate possono essere soggette a valutazione. In base al regolamento REACH ci sono due tipi di valutazione: la valutazione del dossier e la valutazione della sostanza.

La valutazione del dossier è condotta dall'Agenzia ed esamina le proposte dei test garantendo che siano evitati test su animali non necessari e verifica la conformità delle risposte fornite in base alle richieste. La valutazione delle sostanze è invece proposta dalle Autorità Competenti degli Stati Membri quando esiste un sospetto che la sostanza presenta un rischio per la salute umana o per l'ambiente. Sulla base della valutazione l'ECHA può richiedere ulteriori informazioni non incluse negli Allegati VII e X del regolamento REACH. Le sostanze in scala nanometrica possono presentare problemi relativi alla valutazione a causa delle loro specifiche proprietà e al fatto che alcuni test standard possono non essere sufficienti o idonei. Sarebbe utile che l'ECHA individuasse un numero limitato di nanomateriali, sia per la valutazione del dossier che per quella della sostanza, per individuare e risolvere i problemi in base alle conoscenze scientifiche attuali. Questo potrebbe

essere di notevole aiuto per produttori, utilizzatori, Stati Membri e Commissioni. (European Commission, 2008).

## 5. AUTORIZZAZIONE

Il principio dell'autorizzazione è di assicurare il buon funzionamento del mercato interno e di garantire che i rischi delle sostanze più pericolose ( sostanze cancerogene, mutagene o tossiche per la riproduzione, persistenti e bioaccumulabili) siano opportunamente controllati e che queste sostanze siano progressivamente sostituite da sostanze o tecnologie alternative e sostenibili. Nel caso dei nanomateriali la procedura di autorizzazione e restrizione consente di adottare misure in presenza di rischio legato alla fabbricazione, all'uso e all'immissione sul mercato. Queste procedure si applicano indipendentemente dai quantitativi fabbricati o commercializzati. In base alle informazioni sulla produzione, commercializzazione e alle nuove evidenze scientifiche, potrà essere necessario modificare le attuali indicazioni sulle caratteristiche e sui test tossicologici o sulle proprietà fisico-chimiche.

## 6. CONCLUSIONI

Con l'aumento mondiale degli investimenti per la ricerca e sviluppo dei prodotti nanotecnologici è previsto che dal 2015 il valore globale raggiungerà i 2,5 trilioni di dollari e che saranno coinvolti dai 2 ai 10 milioni di lavoratori (Lux Research, 2009). Le incertezze ancora presenti in merito ai potenziali rischi per la salute e sicurezza associati ai nanomateriali e l'assenza di standards di esposizione lavorativa specifici per le nanoparticelle suggeriscono un approccio precauzionale per controllare la produzione, l'uso, lo stoccaggio e la manipolazione di tali particelle (P. Swuste & D. Zalk *et al.*, 2008). La gestione dei rischi professionali deve quindi sforzarsi nella protezione dei lavoratori coinvolti nello sviluppo e produzione di queste nuove tecnologie così come per gli eventuali consumatori.

La produzione e l'utilizzo dei nanomateriali può portare significative innovazioni e vantaggi alla società e benefici per la salute umana e per l'ambiente. Allo stesso tempo sarà necessario garantire la sicurezza per l'uomo e l'ambiente ed evitare impatti negativi sulla società. All'interno del REACH il principale problema riguardante lo sviluppo delle nanotecnologie e dei nanomateriali è la garanzia della loro sicurezza per la salute umana e per l'ambiente durante l'intero ciclo di vita. Ciò costituisce un prerequisito per un uso sostenibile delle nanotecnologie e per il loro successo in termini di sviluppo del mercato e per un favorevole consenso della società.

Non vi sono provvedimenti specifici nel REACH che si riferiscano ai nanomateriali. Tuttavia il REACH riguarda le sostanze indipendentemente dalla loro forma, dimensione e stato fisico. Sostanze in scala nanometrica rientrano quindi nei provvedimenti emanati nel REACH.

Le incertezze ancora presenti in merito ai potenziali rischi per la salute e sicurezza associati ai nanomateriali, l'assenza di standards di esposizione lavorativa specifici per le nanoparticelle, l'incerta valutazione del rischio chimico basata attualmente su test concepiti per le sostanze in scala differente non facilitano l'applicazione del regolamento REACH a tali sostanze (A. Marconi, G. Castellet y Ballarà, 2008). Nell'ambito del Parlamento Europeo sono stati infatti presentati numerosi emendamenti riguardanti gli aspetti normativi dei nanomateriali in particolare per la revisione delle legislazioni esistenti, come il REACH, in specifici regolamenti da applicare alle sostanze in scala nanometrica.

## BIBLIOGRAFIA

**G. Castellet y Ballarà , C. Kunkar, A. Marconi:** Control Banding: un mezzo efficace per la gestione del rischio di esposizione a nanoparticelle in una situazione di incertezza. 1 – 3 aprile 2009, 15° Convegno Corvara (BZ).

**REACH** (Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals Regolamento) (CE) n. 1907/2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente la registrazione, la valutazione, l'autorizzazione delle sostanze chimiche.

**European Commission:** Nanomaterials in REACH. CA/59/2008 rev.1.

**International Standardization Organisation (ISO):** 2008 ISO/TS 27687 Nanotechnologies - Terminology and definitions for nano-objects - Nanoparticle, nanofibre and nanoplate.

**Lux Research, 2009.** <http://www.luxresearchinc.com/>.

**P. Swuste, D. Zalk and S. Paik** 2008: Manufactured nanomaterials control banding nanotool, a qualitative risk assessment method. In stampa.

**A. Marconi, G. Castellet y Ballarà** : Strumenti per il monitoraggio delle particelle nanometriche: efficacia, praticabilità e adeguatezza per l'uso negli ambienti di lavoro, 1 – 4 aprile 2008, 14° Convegno Corvara (BZ).



# PROPOSTE DI METODOLOGIE STANDARDIZZATE PER L'ANALISI E LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI ESPLOSIONE NELLE SEDI INAIL

P. DE SANTIS<sup>1</sup>, P. DESIDERI<sup>1</sup>, R. NITTI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAIL - Direzione Regionale Lazio - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>INAIL - Direzione Regionale Veneto - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## RIASSUNTO

Il Professionista della Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (CONTARP) può assumere l'incarico di Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP) per i Datori di Lavoro delle Sedi INAIL. La valutazione del rischio è compito assegnato al Servizio di Prevenzione e Protezione coordinato dal RSPP e prevede la redazione del "Documento sulla protezione contro le esplosioni".

Il documento analizza gli ambienti di lavoro che debbono essere classificati in zone, e, conseguentemente, dotati di adeguati sistemi di prevenzione e protezione, in ragione della probabilità di formazione di atmosfere esplosive costituite da una miscela di sostanze infiammabili, allo stato di gas, vapori, nebbie o polveri, con l'aria a condizioni atmosferiche,.

Nelle Sedi INAIL la problematica della prevenzione del rischio da atmosfere esplosive è limitata a poche realtà ed ambienti tra i quali possiamo individuare le centrali termiche alimentate a gas metano, le autorimesse al chiuso, i gruppi elettrogeni con preriscaldamento del fluido combustibile, i laboratori CONTARP e le officine ed i laboratori ove si utilizzano solventi e gas tecnici infiammabili.

Il presente lavoro propone delle metodologie speditive per la classificazione delle aree, per la verifica di conformità alla normativa tecnica di settore (Serie CEI 31), per l'individuazione delle misure tecniche preventive e protettive volte a ridurre prioritariamente la probabilità di formazione ed innesco delle atmosfere esplosive.

Per semplicità ci si limiterà a trattare i casi noti agli scriventi trascurando ad esempio il caso della Tipografia dell'Istituto ove, qualora si utilizzassero inchiostri e solventi infiammabili, la classificazione delle aree potrà essere facilmente eseguita sulla base della normativa tecnica CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) ed in particolare della guida CEI 31-35/A (2007) che riporta un esempio, il GE-6 relativo ad un impianto con inchiostro in contenitori cilindrici.

## SUMMARY

The Professional personnel of CONTARP can hold the position of Head of the Prevention and Protection Service (RSPP) for employers of INAIL sites. The risk assessment task, assigned to the Prevention and Protection Service coordinated by the RSPP, requires drafting of the "Document for Protection against explosions."

The present paper examines work environments which require classification into zones, according to the probability of formation of an explosive atmosphere as a mixture of air at atmospheric conditions and flammable substances, the latter in the form of gases, vapours, mists or dusts. Consequently, adequate systems of prevention and protection must be established for each zone.

The issue of prevention of risk from explosive atmospheres in INAIL sites is limited to a few work environments, among which power stations fuelled with natural gas, indoor garages, power-generators with preheated liquid fuel, CONTARP laboratories, workshops and laboratories where solvents and flammable gases are used.

This work aims at providing rapid methodologies for zone mapping, first to verify the compliance with the technical rules (CEI Series 31), and subsequently for the identification of preventive measures and protective techniques aimed primarily at reducing the probability of formation and ignition of an explosive atmosphere.

For the sake of simplicity, the authors will only deal with cases they experienced, neglecting for example the case of INAIL Typography where, if flammable inks and solvents were used, the mapping could be easily performed applying the technical rule CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) and in particular the guide CEI 31-35/A (2007) that reports the GE-6 on a system with ink in cylindrical containers as a case study.

## 1. CENTRALI TERMICHE A GAS NATURALE

Un'area in cui può formarsi un'atmosfera esplosiva in quantità tali da richiedere particolari provvedimenti di protezione per tutelare la sicurezza e la salute dei lavoratori interessati è da considerarsi come area esposta a rischio di esplosione ai sensi titolo XI del D.Lgs. 81/2008. Le aree a rischio di esplosione vanno classificate in zone in base alla frequenza e alla durata della presenza di atmosfere esplosive. In tali zone, il datore di lavoro deve:

- a) evitare l'accensione di atmosfere esplosive;
- b) attenuare gli effetti pregiudizievoli di un'esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Nel caso del locale centrale termica è in pratica impossibile evitare la presenza di fonti di ignizione efficaci: si pensi ad esempio alla stessa fiamma del bruciatore, ma anche alle superfici calde dello scarico ed ai vari impianti elettrici presenti nonché alle eventuali scariche elettrostatiche prodotte dal personale che vi ha accesso.

Occorre inoltre ricordare che, come ben rilevato dalla normativa, il rischio nelle centrali termiche è anche e soprattutto legato alla formazione di accumuli di gas incombusti all'interno del focolare con conseguente detonazione al primo tentativo di riaccensione.

La valutazione del rischio si deve concentrare quindi nel verificare se nella progettazione e realizzazione della centrale in esame sono state implementate alcune misure atte a rendere il luogo non pericoloso, cioè luogo in cui non si prevede la formazione di una atmosfera esplosiva per la presenza di gas infiammabili.

D'altra parte, nel caso in esame il D.Lgs. 81/2008 all'art. 287 esclude esplicitamente dall'applicazione del titolo XI l'uso degli apparecchi a gas di cui al Decreto del Presidente della Repubblica 15 novembre 1996, n. 661 che riguarda gli apparecchi e relativi dispositivi utilizzati per la cottura, il riscaldamento, la produzione di acqua calda, il raffreddamento, l'illuminazione ed il lavaggio, che bruciano combustibili gassosi e hanno una temperatura normale dell'acqua, se impiegata, non superiore a 105 °C. In esso sono indicati i provvedimenti che il costruttore degli apparecchi, l'installatore e l'utente dell'impianto termico devono adottare, anche sulla base delle istruzioni fornite dal costruttore. Il DPR 661/96 non si applica agli apparecchi realizzati e destinati specificatamente ad essere utilizzati in processi industriali all'interno stabilimenti industriali.

Nella pratica occorre verificare se il bruciatore installato è conforme al DPR 661/96 (marcato CE): in questo caso il bruciatore sarà attrezzato con un dispositivo specifico che evita ogni accumulo pericoloso di gas non bruciato, e qualora siano anche presenti nel locale le aperture di ventilazione richieste dalla normativa antincendio e siano rispettate le raccomandazioni di installazione e manutenzione previste sul manuale di uso del bruciatore, il locale potrà essere classificato come luogo non pericoloso. In definitiva, il DPR 661/96 affronta il problema relativo al rischio d'esplosione prescrivendo ai costruttori di apparecchi ed agli installatori degli impianti termici i requisiti adatti a ridurre il rischio d'esplosione al di sotto del limite accettabile. Pertanto, l'uso di apparecchiature conformi al DPR 661/96 in locali adeguati alla normativa antincendio esclude gli stessi dal campo d'applicazione del titolo XI del D.Lgs. 81/2008.

Se, al contrario, il bruciatore installato non è conforme al DPR 661/96 (cioè ad esempio è stato installato nei primi anni '90 o ancora prima) occorrerà verificare se è applicabile l'esempio GF3 della Appendice GF - Luoghi particolari della Guida 31-35 ed. 2007. L'appendice GF, infatti, riporta alcuni esempi di luoghi particolari che non presentano pericoli d'esplosione qualora siano rispettate tutte le condizioni riportate nei singoli esempi.

In particolare, nel caso di centrali termiche a gas naturale, l'appendice GF3, al punto GF3.3 elenca 8 condizioni di applicabilità che debbono essere soddisfatte tutte per poter affermare che il luogo non è pericoloso.

In questa sede si omette per brevità di elencare tali condizioni di applicabilità che il lettore potrà facilmente evincere dalla norma realizzando una utile check list di verifica della propria centrale termica. Per la verifica delle superfici di ventilazione può farsi riferimento alla Tabella GF-3.5-2 della guida. Un utile diagramma di flusso per la classificazione dei locali della centrale termica è riportato in Figura 1.

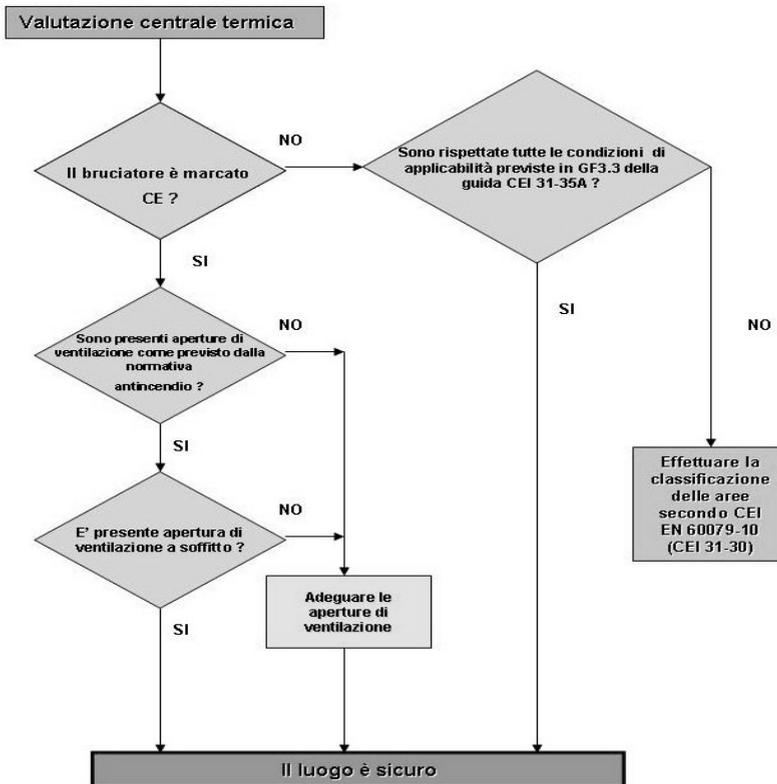


Figura 1: diagramma del processo di valutazione del rischio di esplosione della centrale termica

Le condizioni di applicabilità, se tutte soddisfatte, consentono di evitare molti calcoli nella maggior parte delle centrali termiche a metano che non abbiano apparecchi conformi al DPR 661/96. Si sottolinea che i locali delle centrali termiche in cui almeno una delle condizioni non è soddisfatta o che utilizzano altri gas dovranno essere classificati per il rischio di esplosione secondo la CEI 31-30 (vedi Figura 1) e se dalla classificazione dovessero risultare presenti zone pericolose (0, 1, 2) gli impianti elettrici dovranno essere corrispondenti a quanto indicato nella norma CEI 31-33.

Infine si noti che la parte di impianto di adduzione del gas installato all'aperto ed all'esterno della centrale termica (valvola di intercettazione generale, valvola di blocco automatico, ecc.) non è da considerare con pericolo di esplosione se:

- presenta sorgenti di emissione con grado secondo aventi il foro di guasto ipotizzato di area  $A$  non superiore a  $0,25 \text{ mm}^2$ ;
- non è impedita la ventilazione naturale;
- non vi è la possibile la formazione di sacche di gas nella struttura dell'edificio.

La stima delle dimensioni dei fori di emissione dovuti a guasti può essere effettuata secondo l'appendice GB3 - Fori di emissione dovuti a guasti, area delle superfici di emissione di liquidi e emissioni strutturali della Guida 31-35.

## 2. AUTORIMESSE AL COPERTO

Nelle sedi istituzionali dell'Istituto sono generalmente presenti autorimesse al coperto ove parcheggiare, nell'orario di lavoro, gli automezzi dei dipendenti.

Le autorimesse ed i box nei quali sono soddisfatte tutte le condizioni dell'Esempio GF-1 della Guida 31-35A, possono non essere considerati luoghi con pericolo d'esplosione. In tal senso il tecnico valutatore potrà utilizzare la check list di Tabella 1.

Tabella 1: check-list per la classificazione di autorimesse al coperto come luogo sicuro

a	il carburante degli autoveicoli è benzina, gas di petrolio liquefatto (gpl) oppure gas naturale compresso (gnc) <sup>1</sup> .	SI	NO
b	non sono presenti altre sostanze infiammabili escluso il carburante contenuto nei serbatoi degli autoveicoli <sup>2</sup> ;	SI	NO
c	non sono svolte operazioni di riempimento o svuotamento dei serbatoi degli autoveicoli;	SI	NO
d	nell'autorimesse non accedono autoveicoli che presentano evidenti perdite di carburante;	SI	NO
c	l'ambiente ha una ventilazione rispondente alle caratteristiche indicate dal D.M. 01/02/86 <sup>3</sup> ;	SI	NO
d	i veicoli parcheggiati sono a motore fermo e chiave d'avviamento disinserita;	SI	NO
e	gli autoveicoli posti nell'autorimessa sono omologati e revisionati.	SI	NO

Se a tutte le domande sopra riportate può risponderci di sì, l'autorimessa potrà essere considerata come luogo sicuro. Nondimeno il tecnico verificatore dovrà accertare se i componenti dell'impianto elettrico della autorimessa sono immuni dal rischio di danneggiamento meccanico da parte degli autoveicoli, in quanto opportunamente ubicati o protetti.

Ad esempio:

- gli interruttori e le prese a spina sono ad altezza non inferiore a 1,15 m dal pavimento;
- le prese a spina sono in numero ed ubicazione tali da evitare il ricorso a connettori presa-spina intermedi nelle connessioni soggette a movimento durante l'uso;
- le condutture sono incassate nelle pareti o nel pavimento, oppure in canalizzazioni di adeguata robustezza in relazione alle sollecitazioni possibili e considerando l'uso di questi luoghi, installate a parete, o entro nicchie, oppure ubicate in alto e comunque ad altezza non inferiore a 1,15 m dal pavimento.

Laddove al precedente questionario si è risposto almeno un no, sarà necessaria la classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione nel rispetto della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30).

<sup>1</sup>si deve comunque fare riferimento al D.M. 01/02/86, il quale indica che il parcheggiamento degli autoveicoli alimentati a gas con una densità maggiore a quella dell'aria (esempio gpl), è consentito soltanto nei piani fuori terra, non comunicanti con piani interrati;

<sup>2</sup>Si ricorda che l'olio lubrificante, se non riscaldato al di sopra della sua temperatura d'infiammabilità (generalmente maggiore di 200 °C) non presenta pericolo d'esplosione

<sup>3</sup>il certificato prevenzione incendi (CPI) viene rilasciato per le autorimesse private con più di 9 autoveicoli, per le autorimesse pubbliche, per i ricoveri di natanti ed i ricoveri di aeromobili: la presenza del certificato prevenzione incendi (CPI) garantisce, in generale, l'attuazione delle prescrizioni del D.M. di cui sopra altrimenti vanno verificate personalmente.

### 3. LABORATORIO CHIMICO

In alcune sedi centrali e/o regionali dell'Istituto sono presenti laboratori chimici utilizzati per la fase analitica delle attività di indagine strumentale e di campionamento degli agenti di rischio condotte sul campo dai Professionisti. Le attività analitiche più frequentemente realizzate sono la quantificazione delle fibre di amianto aerodisperse mediante tecnica di Microscopia Ottica a Contrasto di Fase (MOCF) e l'attività analitica di quantificazione delle Sostanze Organiche Volatili (SOV) mediante tecnica gascromatografica (GC). In generale in tali laboratori sono stoccate ed impiegate, sebbene in piccola quantità, sostanze che possono dare origine ad atmosfere esplosive di gas o vapori.

Nelle "Linee Guida emanate dalla COMMISSIONE CEE all'applicazione della Direttiva 1999/92/CE", punto 2.2.4, si dice genericamente che se le quantità manipolate di solventi o di polveri combustibili sono piccole e l'utilizzazione è effettuata sotto cappa, non si ritiene possibile la formazione di un'atmosfera esplosiva pericolosa.

Infatti, premesso che anche piccole quantità di liquidi infiammabili evaporando possono causare una massiccia quantità di vapori infiammabili<sup>4</sup>, l'uso sotto cappa aspirata può evitare la formazione di un'atmosfera esplosiva pericolosa<sup>5</sup>.

D'altra parte se non si usano le sostanze infiammabili sotto cappa, il laboratorio chimico può rappresentare un ambiente con particolari esigenze rispetto ai rischi di esplosione. Infatti la particolare natura delle sorgenti di emissione presenti in un laboratorio chimico con caratteristiche di variabilità nel tempo e mobilità nello spazio rende il laboratorio un ambiente a rischio di esplosioni per la presenza, oltre che di apparecchiature elettriche, di fiamme libere come i becchi Bunsen e di superfici calde come i fornelli o le stufe elettriche.

L'applicazione letterale, ai sensi del D.Lgs. 81/2008, allegato XLIX, della norma tecnica CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) presenterebbe notevoli problemi interpretativi e pratici. Per risolvere tali problematiche, la guida CEI 31-35, appendice GF4 suggerisce i provvedimenti da applicare ai locali e alle attrezzature di un laboratorio chimico per evitare la formazione di un'atmosfera esplosiva.

Prendendo spunto da tale documento, il tecnico valutatore può evidenziare una serie di provvedimenti di sicurezza riferiti ai locali, alle attrezzature e ai comportamenti operativi che, se applicati, consentono di abbassare il rischio di esplosione, portandolo a valori talmente bassi da considerare il luogo sicuro. Tali provvedimenti sono elencati nella Tabella 2, in forma di check-list.

Tabella 2: check-list per la prevenzione della formazione di atmosfere esplosive in laboratorio

Provvedimenti riferiti ai locali		
I quantitativi di sostanze infiammabili presenti sono limitati e sono previsti, se necessario, più locali separati e possibilmente compartimentati fra loro.	SI	NO
I contenitori delle sostanze infiammabili sono depositati in appositi armadi.	SI	NO
Nel locale di deposito delle sostanze infiammabili, ove esistente, non sono eseguiti travasi delle stesse <sup>6</sup> .	SI	NO
Le tubazioni di adduzione di sostanze infiammabili all'interno del laboratorio sono dotate di dispositivi di chiusura rapida, azionabili dall'esterno del laboratorio stesso.	SI	NO
Nelle tubazioni di adduzione di sostanze infiammabili è previsto il minor numero possibile di giunzioni. I dispositivi di giunzione sono a tenuta (con emissioni trascurabili nelle condizioni di funzionamento anche anomalo dell'impianto), dimensionati ed installati tenendo conto delle condizioni di funzionamento anomalo, nonché eserciti e mantenuti con modalità tali da assicurare nel tempo il mantenimento dei requisiti di sicurezza.	SI	NO
Le portate dei gas prelevati da contenitori (esempio bombole) sono limitate, in relazione all'utilizzo, mediante limitatori di flusso o valvole di sicurezza o dischi calibrati posti all'esterno del laboratorio stesso.	SI	NO

<sup>4</sup>Vedi "Dust Explosions", The International Section for the Prevention of Occupational Risks in the Chemical Industry, The International Social Security Association (ISSA), Heidelberg, Germania.

<sup>5</sup>il volume di atmosfera esplosiva ritenuto trascurabile e quindi non pericolosa non è individuato in sede normativa in modo univoco: varia, secondo le fonti. Ai fini della guida CEI 31-35, art. 5.10.3.5 è stato assunto, per ambienti chiusi, non pericoloso un volume di 1 dm<sup>3</sup> = 1 litro per Zona 0 e un volume di 10 dm<sup>3</sup> = 10 litri per Zona 1 e Zona 2.

<sup>6</sup>se avvengono travasi, devono essere determinate le zone pericolose e previsti, se necessario, prodotti conformi ai requisiti previsti dal DPR 126/98.

I metodi e i sistemi di campionamento di sostanze infiammabili sono progettati in modo da limitare allo stretto necessario la quantità di campione prelevato.	SI	NO
A protezione della salute dei lavoratori e per la sicurezza contro le esplosioni, le operazioni chimiche sono effettuate sotto cappa, oppure, ad esempio, nei laboratori di analisi strumentale, predisponendo in corrispondenza degli strumenti dai quali si hanno emissioni (i gascromatografi, gli strumenti per cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC), gli spettrometri, ecc.) dei sistemi di aspirazione localizzata (ad esempio, nel caso di HPLC, in corrispondenza dei contenitori erogatori di eluenti (es. metanolo, acetonitrile, ecc.), che sono sempre muniti di sfiato, e di quelli, parimenti muniti di sfiato, riceventi gli scarichi.	SI	NO
I sistemi di ventilazione garantiscono almeno cinque ricambi dell'aria all'ora all'interno del locale adibito alle analisi.	SI	NO
I sistemi di ventilazione o di climatizzazione non prevedono il ricircolo dell'aria e le condotte sono di materiale incombustibile.	SI	NO
E' stata valutata l'opportunità di installare un sistema di controllo di esplosibilità dell'atmosfera e di rilevazione incendi, in relazione alle caratteristiche delle sostanze presenti (vedi Allegato A, punto f. della GF4 della guida CEI 31-35)	SI	NO
<b>Provvedimenti riferiti alle attrezzature</b>		
I contenitori di sostanze infiammabili sono: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ chiusi a regola d'arte o comunque in modo efficace allo scopo, con emissioni trascurabili;</li> <li>▪ in materiale idoneo e costruiti a regola d'arte nel rispetto di eventuali norme di costruzione e prova;</li> <li>▪ depositati e movimentati in modalità tali da considerare ragionevolmente non prevedibili cadute che possano provocare l'apertura del coperchio o il danneggiamento con fuoriuscita significativa della sostanza infiammabile contenuta</li> </ul>	SI	NO
Nel sito è attuata ogni ordinaria cautela contro la permanenza di pozze e vi è una costante presenza di mezzi per la loro neutralizzazione in tempi rapidi.	SI	NO
Gli armadi per deposito di sostanze infiammabili sono costruiti in materiale non combustibile, con ripiani atti a contenere piccoli rilasci di sostanze liquide e con condotta di aerazione verso l'esterno che scarica l'aria lontano da finestre o punti di prelievo dell'aria, lontano da corridoi, da aree di lavoro e da uscite di sicurezza	SI	NO
I banchi sono conformi alla Norma UNI EN 13150.	SI	NO
I "bunsen" ed eventuali altri fornelli sono di sicurezza, dotati in particolare di dispositivi che interrompano l'erogazione del gas in caso di spegnimento della fiamma.	SI	NO
I "bunsen" ed eventuali altri fornelli sono generalmente utilizzati solo sotto cappa. Se è inevitabile l'uso fuori cappa, è assicurata la presenza di sistemi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera in relazione alla tipologia di sostanze utilizzate, con allarme e blocco automatico dell'alimentazione ed aventi caratteristiche conformi alle indicazioni fornite in proposito nel Capitolo 4 della Guida 31-35A	SI	NO
Le stufe ed i forni che vengono lasciati accesi per lunghi periodi sono muniti di un dispositivo di sicurezza che eviti il surriscaldamento in caso di guasto del termostato di regolazione	SI	NO
L'intercettazione delle linee di alimentazione delle apparecchiature sotto cappa si può effettuare anche dall'esterno delle stesse, come previsto dalla Norma UNI EN 14175-2.	SI	NO
E' presente un idoneo dispositivo che indichi che il sistema di aspirazione dalle cappe è funzionante.	SI	NO
E' periodicamente verificata l'efficienza del sistema di aspirazione per accertare l'adeguatezza della portata dell'aspirazione (assenza di anomalie o occlusioni).	SI	NO
Tubazioni e rubinetterie che contengono sostanze infiammabili sono riconoscibili e facilmente identificabili in base alla sostanza trasportata (colorazione, targhette, etichette adesive, ecc. come previsto dalle Norme UNI 5634 e UNI EN 13792).	SI	NO
<b>Provvedimenti riferiti ai comportamenti</b>		
E' eseguita l'informazione e la formazione degli operatori con particolare riferimento all'infiammabilità delle sostanze e alla presenza di situazioni che possono essere causa d'innesco di atmosfere esplosive, quali ad esempio archi, scintille, temperature elevate, cariche elettrostatiche, ecc.	SI	NO
Sono fissate procedure operative, in particolare per il personale addetto all'uso di fiamme libere o analoghe fonti di calore (apparecchiature quali stufe, forni, ecc.).	SI	NO
Sono formalizzate le procedure relative alle modalità di movimentazione interna delle sostanze infiammabili	SI	NO
I quantitativi di sostanze infiammabili presenti sui banchi sono limitati a quelli strettamente necessari per le attività in corso, lasciando le scorte negli appositi armadi o nei locali di deposito	SI	NO
Eventuali rilasci di liquidi infiammabili possono essere subito neutralizzati facendo uso di apposito materiale assorbente.	SI	NO
Le sostanze infiammabili sono manipolate sotto cappa e lontano da sorgenti d'innesco quali archi, scintille o temperature elevate.		

Sono applicate le istruzioni per l'uso delle cappe, in particolare per quanto riguarda l'obbligo di tenere abbassato il saliscendi.	SI	NO
L'integrità delle tubazioni rigide e flessibili di adduzione di sostanze infiammabili e la tenuta del fissaggio delle estremità è verificata con controlli periodici e sistematici.	SI	NO
Le superfici e le piastre di riscaldamento sono tenute pulite da eventuali residui di campione, solventi, ecc.	SI	NO
E' vietato introdurre e conservare sostanze infiammabili in frigoriferi di tipo normale/domestico	SI	NO
<b>Provvedimenti riferiti agli impianti elettrici</b>		
Il sottocappa è illuminato dall'esterno, con robuste lastre trasparenti a chiusura ermetica.	SI	NO
È previsto un interruttore generale con comando all'esterno del locale laboratorio, in posizione facilmente accessibile e segnalata.	SI	NO
Il grado di protezione IP dei componenti elettrici è stato stabilito in base alle regole generali, secondo la presenza di liquidi e di polveri nel punto in cui il componente elettrico è ubicato nel funzionamento ordinario.	SI	NO

I laboratori chimici nei quali sono soddisfatte le sopra elencate misure di sicurezza, se applicabili al caso specifico, non sono da considerare con pericolo d'esplosione. La mancata applicazione delle misure di sicurezza comporta la necessità della classificazione nel rispetto della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Infine occorre notare che l'applicazione di misure di sicurezza non esclude la necessità di una valutazione atta ad accertare se l'impianto elettrico è conforme alla Norma CEI 64-8/7 "Ambienti ed applicazioni particolari", ad esempio come luogo a maggior rischio in caso di incendio.

## BIBLIOGRAFIA

**Decreto del Presidente della Repubblica 15 novembre 1996, n. 661:** Regolamento per l'attuazione della direttiva 90/396/CEE concernente gli apparecchi a gas (GU n. 302 del 27-12-1996 - Suppl. Ordinario)

**Decreto Legislativo. 9 aprile 2008, n. 81:** Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. (GU. 101 del 30-4-2008 - Supplemento Ordinario n.108).

**Decreto del Presidente della Repubblica n° 126 del 23/03/1998:** Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 94/9/CE in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva.

**Guida CEI 31-35/A:** Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas: Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili: esempi di applicazione".

**CEI EN 60079-10 (CEI 31-30):** Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas, Parte 10: Classificazione dei luoghi pericolosi (01/01/2004).

**ISSA, Dust explosion:** Collection of examples for the brochure "dust explosion protection for machines and equipment", ISSA Ed., Mannheim (D), 1990.

**UNI EN 13150:2003.** Banchi da lavoro per laboratorio - Dimensioni, requisiti di sicurezza e metodi di prova.

**UNI EN 14175-2:2004** Cappe di aspirazione - Parte 2: Requisiti di sicurezza e di prestazione.

**CEI 64-8:** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua, Parte 7 Ambienti ed applicazioni particolari.

**Commissione Europea:** Guida di buona pratica a carattere non vincolante, in vista dell'attuazione della direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive, DG Occupazione e affari sociali Salute, sicurezza e igiene sul luogo di lavoro, aprile 2003.

# **UN METODO PRATICO PER LA STIMA DELL'ESPOSIZIONE PREGRESSA AD INQUINANTI AERODISPERSI DI FIGURE PROFESSIONALI "BYSTANDER"**

P. DE SANTIS, P. DESIDERI

INAIL – Direzione Regionale Lazio – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

Nel lavoro dell'Igienista Industriale ed in particolare del tecnico della Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzioni (CONTARP) può essere richiesto di valutare l'esposizione ad inquinanti areodispersi di personale non direttamente coinvolto nella lavorazione sorgente dell'inquinamento. E' questo il caso ad esempio della valutazione dell'esposizione di quelle figure professionali quali supervisori, capituono, colleghi occupati in attività diverse da quella emittente, ecc. Il problema è facilmente risolvibile qualora sia possibile ricorrere al campionamento analitico dell'inquinante, sia esso, il campionamento, di tipo ambientale o di tipo personale. Di contro, il problema risulta invece complesso allorché sia impossibile effettuare il campionamento in quanto, ad esempio, si è chiamati a valutare, oggi per allora, l'esposizione pregressa a lavorazioni oramai dismesse e/o modificate. Tipica situazione è, ad esempio, la valutazione della esposizione da fibre di amianto nell'ambito della problematica del riconoscimento dei benefici previdenziali amianto (BPA). Il presente lavoro presenta un modello deterministico proposto nel 1999 dal dott. John W. Cherrie capace di poter stimare la esposizione di tali figure professionali, note le concentrazioni tipiche delle lavorazioni emittenti, le dimensioni principali del locale frequentato, il tempo medio di permanenza nel locale. Poiché il modello postula condizioni stazionarie, cioè una sorgente di emissione costante nel tempo, esso potrà essere utilizzato solo quando le condizioni reali siano abbastanza approssimabili a tale condizione ideale.

## **SUMMARY**

During the work of the industrial hygienist in and in particular in some of the activities of CONTARP Consultant may be required to assess the exposure to airborne pollutants of personnel not directly involved in the working phase source of pollution. It is the case of those professionals such as supervisors, leaders, coaches, colleagues engaged in activities other than the one emitting the pollutant. The problem is easily solved if it is possible to analyze workplace atmospheres for the presence of pollutant, with environmental and/or personal sampling. On the contrary, the problem is rather complex when it is impossible to perform the sampling because, for example, there is the need to evaluate the previous exposure to pollutants emitted by working phases now disused and/or amended. This situation is typical, for example, in the technical assessment of exposure to asbestos fibers of these professionals as part of the procedure of recognition of security benefits in Italian law. This paper apply a deterministic model proposed in 1999 by Dr. John W. Cherrie able to estimate the exposure of these professionals, once known the typical concentrations of emitting working phases, the principal dimensions of workplace, the average time spent in the room. The model use a constant emission rate, so that it can be used only when the real exposure well approximates the ideal condition.

## **1. VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE AMBIENTALE**

Il problema che si pone nell'analisi dell'esposizione di figure professionali quali supervisori, capituono, colleghi occupati in attività diverse da quella emittente, ecc., riguarda la quantificazione della concentrazione di inquinante esistente nelle zone circostanti, a distanze crescenti dalle postazioni di lavoro emittenti ed in generale in ambiente.

Nel prosieguo faremo riferimento ad un inquinante specifico e cioè alle fibre di amianto ma la trattazione, come si vedrà, può essere assolutamente generalizzabile a tutti gli inquinanti.

Il problema è particolarmente complesso poiché la dispersione delle fibre dipende da una molteplicità di parametri influenti sul moto delle particelle e sulla loro dispersione: geometria dei luoghi, velocità dell'aria (ventilazione forzata e/o moti convettivi), ricambi aria, diametro aerodinamico delle fibre, ecc.

D'altra parte tale problematica si riflette sulle differenze che si sono trovate storicamente tra le concentrazioni di fibre misurate tramite campionamento personale (cioè sull'operatore addetto alla lavorazione) e un contemporaneo campionamento ambientale eseguito a qualche metro dalla postazione di lavoro. Infatti è noto che i campionamenti effettuati in postazioni fisse all'interno dei luoghi di lavoro ma diverse dalla postazione in causa, sono sottostimanti la reale esposizione dell'operatore. Viceversa, possiamo quindi affermare che uguagliare la esposizione di un supervisore (by-stander) posto ad una certa distanza della postazione di lavoro a quella dell'operatore stesso, sovrastimerebbe l'esposizione del supervisore. Poiché in generale nella letteratura e/o nelle banche dati sono principalmente disponibili dati storici relativi a campionamenti personali, occorre trovare, se esistente, una correlazione che permetta, almeno con buona approssimazione, di passare dalle concentrazioni stimate e/o misurate sull'operatore addetto alla lavorazione emettente, alle concentrazioni prevedibili a qualche metro di distanza.

In un lavoro (Sherwood & Greenhalgh, 1960) gli autori hanno confrontato i risultati avuti dai campionatori personali con quelli statici per esposizioni a particelle radioattive. Essi hanno trovato che il campionamento fisso sottostima l'esposizione degli operatori approssimativamente di un fattore 5.

Altri autori (Cherrie, 1999; Cherrie & Schneider, 1999) hanno trovato tendenze simili, mostrando rapporti RC tra i valori di concentrazione rilevati mediante campionatori personali e quelli statici variabili tra 1,2 e 8,5 (vedi Figura 1).

Ancora, altri autori (Continisio et al., 2001) evidenziano che l'inquinamento da fibre (MMMF) aerodisperse decade rapidamente allontanandosi dalle sorgenti essendo dimostrato che i prelievi effettuati in postazioni fisse a circa 2 metri di distanza dagli operatori mostrano una riduzione dei valori di almeno un ordine di grandezza.

Cherrie (Cherrie, 2003) ha raccolto ed analizzato i dati pubblicati nel decennio precedente sulla rivista *Annals of Occupational Hygiene* relativi a campionamenti sia statici che personali di inquinanti di vario tipo, tra cui l'amianto. In Figura 2 è riportata una elaborazione statistica dei dati relativi a 40 diverse postazioni di lavoro, essendo stati esclusi dall'elaborazione quei dati dove era noto che il campionatore statico era stato comunque posizionato strettamente a ridosso della postazione di lavoro. In particolare in un diagramma logaritmico, è riportata la probabilità calcolata di avere un dato rapporto  $RC = \text{concentrazione da campionatore personale} / \text{concentrazione da campionatore statico}$ .

Comparison of personal exposure levels to fixed location monitors in the far-field

Substance	Situation	Ratio of personal to fixed location <sup>A</sup>	Reference
Asbestos	Simulated work in large store	8.5	2
Total dust	Processing uranium dust	5 <sup>B</sup>	1
Cotton	Cotton manufacture	4.5 <sup>C</sup>	6
Xylene	Rubber boot assembly	2.6	4
Inhalable dust	Flax spinning	2.6	7
Total dust	Soft paper production	1.8	8
Styrene	Glass-reinforced plastics manufacture	1.8	4
Para-aramid fibers	Various end uses, including spinning, carding, friction products, and composite manufacture	1.5	3
Man-made mineral fiber (fiber concentration)	Simulated work in small room	1.2	5

<sup>A</sup>Ratio of geometric mean exposure level to geometric mean of corresponding static sample concentrations, unless stated otherwise.

<sup>B</sup>Summary statistic reported by authors.

<sup>C</sup>Ratio of median exposure level to median background concentration.

Figura 1: analisi di dati di letteratura su RC = rapporto delle concentrazioni rilevate da campionamento personale e statico (Cherrie, 1999)

Dalla Figura 2 si vede che il valore mediano del rapporto vale 1,5 e che nell'80% dei casi il rapporto è  $\geq 1$ . La probabilità del 95% è relativa ad un rapporto di circa 6. Si noti comunque che l'elaborazione è stata costruita per una molteplicità di inquinanti (asbesto, stirene, cotone, fibre minerali, ecc.) e non è specifica per l'amianto.

Pur nella convinzione che nel campo dell'igiene del lavoro le osservazioni possono essere raramente generalizzate, le predette tendenze sembrano confermate. La variabilità del rapporto fra le due tipologie di misure sembra dipendere principalmente dalla geometria del locale e dalla portata dell'aria di ventilazione, nel senso che il rapporto RC è crescente passando da una inesistente o scarsa ventilazione generale a condizioni di buona ventilazione forzata. I dati pubblicati sui campionatori personali e statici (Purdham *et al.*, 1993) sostengono questa analisi. Inoltre il rapporto RC è crescente per cubature del locale crescenti.

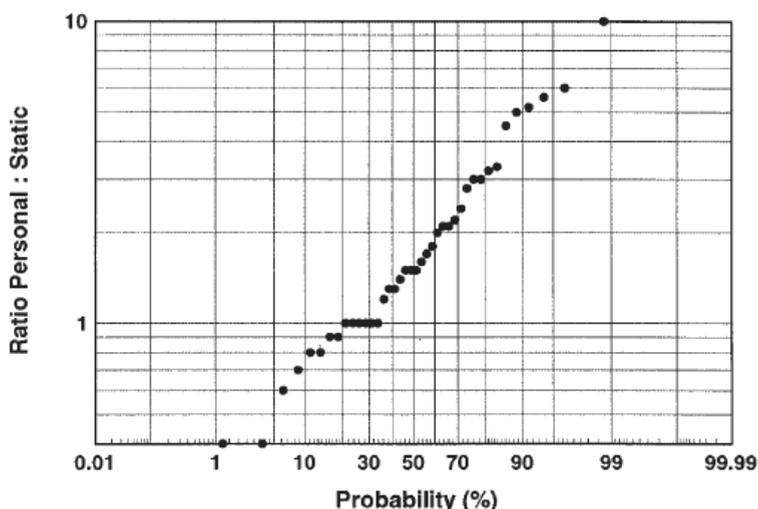


Figura 2: Diagramma logaritmico di probabilità del rapporto tra i valori medi dell'esposizione personale e le corrispondenti concentrazioni ambientali da campionamento statico (Cherrie, 2003)

Quindi per procedere con una certa accuratezza alla stima dell'esposizione delle predette figure professionali impegnate ad una certa distanza dalla fonte di fibre di amianto aerodisperse, occorre trovare le relazioni funzionali del predetto rapporto RC con tali variabili.

## 2. IL MODELLO

Il modello semplificato (Cherrie, 1999) analizza, in condizioni stazionarie, la dispersione degli agenti inquinanti dalla fonte usando due regioni spaziali teoriche: il campo vicino (near-field), definito come il volume nell'intorno dell'operatore intento nella postazione di lavoro, ed il campo lontano (far-field) che contiene il resto dell'ambiente. Il campo vicino è generalmente stimato in un volume di spazio di circa di 8 m<sup>3</sup>, tipicamente un cubo di lato 2 m, centrato rispetto alla testa dell'operatore. In questo modello, si considera che la ventilazione generale del locale abbia un effetto sulla concentrazione dell'agente inquinante nel campo lontano, ma non nel campo vicino.

Il modello applica il diagramma di flusso schematizzato in Figura 3, e considera tre componenti:

- l'emissione intrinseca delle fibre ( $\epsilon_i$ )
- il metodo di manipolazione o di processo alla postazione di lavoro ( $h$ )
- l'efficienza dei mezzi di prevenzione primaria come ad esempio la ventilazione localizzata ( $\eta_{lv}$ )

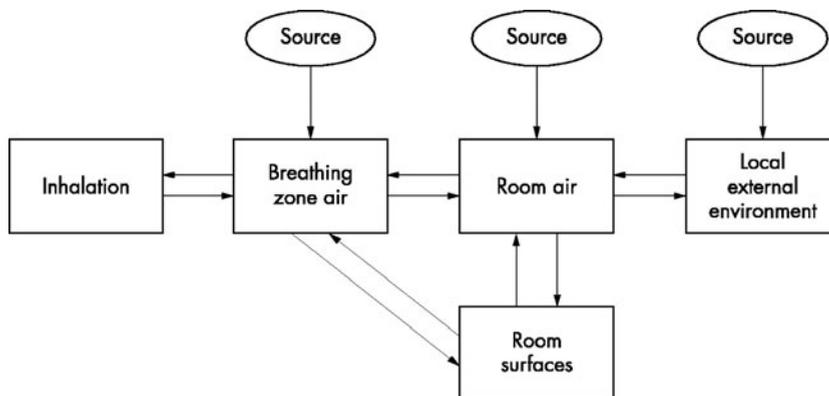


Figura 3: processo di esposizione (Cherrie, 2004)

L'emissione intrinseca è una proprietà del materiale in lavorazione: nel caso dell'amianto ad esempio un prodotto in matrice dura ha meno possibilità di rilasciare fibre rispetto ad esempio con una treccia o un materassino qualora sottoposti alla stessa modalità d'uso.

L'impatto delle modalità di processo e di manipolazione è probabilmente legata all'energia trasmessa al prodotto nocivo in lavorazione (Plinke *et al.*, 1991): ad esempio segnando un pezzo contenente amianto si liberano più fibre rispetto ad operazioni quali il sollevamento o l'impilamento dello stesso pezzo. Infine è indubbio che aspirazioni localizzate o altri accorgimenti di contenimento, contribuiscono a ridurre la concentrazione di fibre nell'ambiente di lavoro. Nella sostanza, la emissione attiva dalla postazione di lavoro può essere espressa dal prodotto:

$$\epsilon_a = \epsilon_i * h * (1 - \eta_{lv}) \quad \text{Equazione (1)}$$

L'emissione, comunque, può aversi anche da altre sorgenti dette passive o occasionali ( $\epsilon_p$ ) tipo dispersione da fall-out, dispersioni secondarie, urti accidentali, ecc., che non sono (o lo sono poco) influenzate dalla presenza di aspirazioni localizzate.

Infine due altri fattori sono importanti per determinare l'impatto di una sorgente sul valore esposizione di fibre nell'ambiente di lavoro:

- $t_a$ : tempo di emissione della sorgente (durata dell'operazione a rischio),

-  $\eta_{ppe}$ : efficienza di dispositivi di protezione individuali (non intesi come DPI dell'apparato respiratorio ma piuttosto come DPI capaci di limitare la dispersione in aria, come tute monouso).  
In definitiva per una sorgente vicina all'operatore si può descrivere il livello di concentrazione C come:

$$C = (\epsilon_i * h * (1 - \eta_{lv}) * t_a + \epsilon_p) * (1 - \eta_{ppe}) \quad \text{Equazione (2)}$$

Facendo riferimento alle due regioni spaziali teoriche del campo vicino (NF) e lontano (FF), e considerando che nel campo lontano il valore di esposizione è funzione anche della ventilazione generale del locale ( $d_{gv}$ ) la precedente può essere riscritta sotto forma di:

$$C_{NF} = ((\epsilon_i * h * (1 - \eta_{lv}))_{NF} * t_{a,NF} + \epsilon_{p,NF}) * (1 - \eta_{ppe}) \quad \text{Equazione (3)}$$

$$C_{FF} = ((\epsilon_i * h * (1 - \eta_{lv}))_{FF} * t_{a,FF} + \epsilon_{p,FF}) * (1 - \eta_{ppe}) * d_{gv} \quad \text{Equazione (4)}$$

Il modello di esposizione può essere risolto considerando il bilancio di massa delle due regioni spaziali teoriche del campo vicino e del campo lontano (Figura 4) con le seguenti approssimazioni:

- sorgente posta nel campo vicino,
- assenza di sorgenti esterne.

Infatti si possono scrivere le seguenti equazioni differenziali:

$$V_{NF} * dC_{NF} / dt = E_T - C_{NF} * Q_{NF} + C_{FF} * Q_{NF} \quad \text{Equazione (5)}$$

$$V_{FF} * dC_{FF} / dt = C_{NF} * Q_{NF} - C_{FF} * Q_{NF} - C_{FF} * Q_{FF} \quad \text{Equazione (6)}$$

Dove:

$V_{NF}$  e  $V_{FF}$  sono i volumi rispettivamente del campo vicino e del campo lontano,  
 $E_T$  è la portata di emissione in massa della sorgente (tutta contenuta nel campo vicino),  
 $Q_{NF}$  è la portata volumetrica ( $m^3/min$ ) d'aria uscente ed entrante nel campo vicino,  
 $Q_{FF}$  è la portata volumetrica ( $m^3/min$ ) d'aria di ventilazione generale.

I prodotti  $Q * C$  rappresentano i flussi di massa di particolato entranti ed uscenti dalle due zone spaziali.

$Q_{NF}$  può dipendere dalla aspirazione localizzata, in genere assente quando si analizzano lavorazioni degli anni '70 ed '80, e  $Q_{NF}$  dipendente dal movimento dell'aria per fenomeni convettivi dovuti, al minimo, dal calore prodotto dall'operatore durante la lavorazione. Il termine può essere stimato mediante una relazione semi-empirica (Kulmala, 1997; Welling *et al.*, 2001):

$$Q_{NF} = 0.0056 * q^{1/3} * x^{5/3} \quad \text{Equazione (7)}$$

Dove  $q$  = flusso di calore per convezione (W) stimabile in circa  $45 \div 50$  W  
 $x = 2$  m (dimensione del campo vicino)

Si ricava  $Q_{NF} = 0,06 \text{ m}^3/s \approx 3,8 \div 4 \text{ m}^3/min$ .

Comunque, la portata volumetrica d'aria uscente ed entrante nel campo vicino non è dovuta solo ai moti convettivi legati al calore emanato dall'operatore ma dipende anche da altri fattori, quali il calore dei pezzi in lavorazione, le turbolenze create dal movimento dell'operatore stesso, per cui si assume come più probabile il valore stimato in letteratura (Cherrie, 2003) di  $10 \text{ m}^3/min$ .

Il sistema di equazioni differenziali può essere risolto coi normali metodi numerici.

Nel già citato lavoro (Cherrie, 1999) si trovano tabulati i risultati della suesposta modellazione che sono sintetizzati anche nella seguente Figura 5

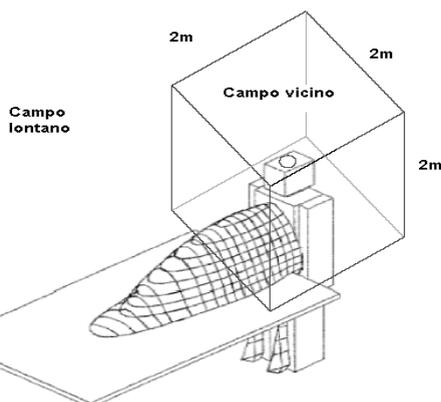


Figura 4: definizione delle due regioni spaziali teoriche del campo vicino e del campo lontano e simulazione dei moti termo convettivi (elaborato da Welling *et al.*, 2001)

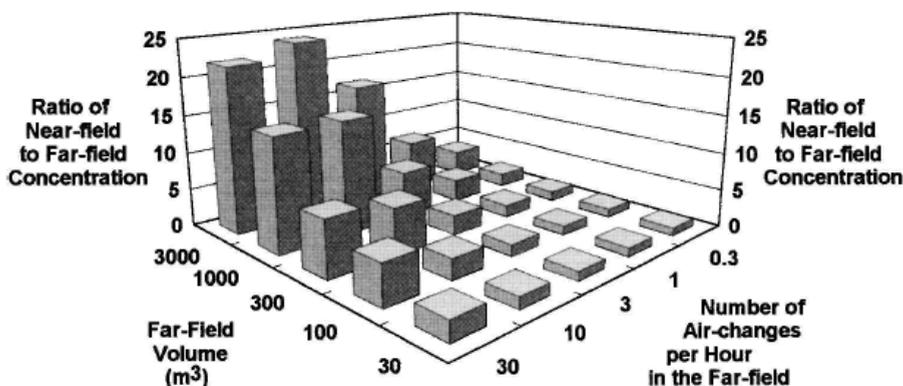


Figura 5: risultati della simulazione numerica del modello di diffusione delle fibre per  $Q_{NF}=10 \text{ m}^3/\text{min}$  (Cherrie, 1999)

Il grafico tridimensionale mostra l'andamento del rapporto RC in funzione del volume del locale e del numero di ricambi d'aria del locale stesso (per un dato valore di portata d'aria fluente dal campo vicino). Si noti che per piccoli locali, con scarsi ricambi d'aria, il rapporto è prossimo ad 1 mentre per grosse volumetrie e scarsa ventilazione generale si ha  $RC = 6,7$ , dello stesso ordine di grandezza del valore di 8,5 riportato in Figura 1 per le stesse condizioni. Ciò testimonia la bontà del modello. Le tabulazioni di RC riportate in letteratura (Cherrie,1999) possono quindi essere utilmente utilizzate per stimare l'esposizione delle figure professionali tipo supervisori, capo squadra, ecc. Infatti, considerando la definizione del campo vicino, risulta altamente improbabile che tali figure professionali, nel loro lavoro di supervisione, abbiano potuto sostare per un tempo significativo nell'intorno di 1 metro calcolato dal centro della testa dell'operatore impegnato nella lavorazione sorgente di emissione. Si assume quindi che tali figure siano in generale esposti a valori di concentrazioni caratteristiche del campo lontano:

$$C_{FF} = C_{NF} / RC \tag{Equazione (8)}$$

dove  $C_{NF}$  è la concentrazione di fibre nel campo vicino caratteristica della lavorazione (le diverse concentrazioni sono ricavabili con le usuali metodologie di analisi).

**ESEMPIO PRATICO**

Si voglia valutare, almeno come ordine di grandezza, l'esposizione di un addetto supervisore di uno stabilimento in cui venivano svolte le operazioni con produzioni di fibre di amianto aerodisperse.

Si ipotizzi un reparto situato in capannone industriale con altezza utile di circa 5 metri e con cubatura pari a 3.000 m<sup>3</sup>. Si considerino effettuate nel locale 7 lavorazioni (L<sub>i</sub>), posizionate su due file ai lati di un corridoio centrale di passaggio; il locale è scarsamente finestrato e ventilato in quanto confinato rispetto agli altri Reparti e privo di sistemi di ventilazione forzata.

Si considerino note le concentrazioni in campo vicino dovute alle sorgenti di emissione C<sub>NFi</sub> (fibre/litro) ricavabili dalla letteratura o banche dati (es. Amyant), trascurando il contributo di immissione da lavorazioni svolte in campo lontano. Si considerino pure noti i tempi (in ore/anno) mediamente spesi dall'addetto per la supervisione di ciascuna lavorazione e/ postazione di supervisione in campo lontano.

Per la valutazione dell'esposizione complessiva del supervisore nel reparto si può utilizzare la formula:

$$\text{Esposizione} = \sum_i C_{FFi} * t_i / T = \sum_i (C_{NFi} / RC_i) * t_i / T \quad \text{Equazione (9)}$$

dove:

C<sub>FFi</sub> = concentrazione in fibre/l nel campo lontano relativo alla lavorazione i-esima del Reparto

C<sub>NFi</sub> = concentrazione in fibre/l nel campo vicino relativo alla lavorazione i-esima del Reparto

t<sub>i</sub> = tempo in ore di prossimità alla lavorazione i-esima del Reparto (pari a t<sub>i</sub> giornaliero \* 240 gg /anno)

RC<sub>i</sub> = rapporto tra le concentrazioni del campo vicino e lontano per la lavorazione i-esima

T = tempo medio lavorativo annuo assunto convenzionalmente in 1920 ore<sup>1</sup>

I risultati dell'elaborazione sono riportati in Tabella 1, considerando un volume dell'ambiente di complessivi 3000 m<sup>3</sup> e un numero di ricambi di aria orari pari a 1 per circolazione naturale in ambiente con scarsa finestratura, e trascurando il contributo di immissione da lavorazioni svolte in campo lontano.

Tabella 1: stima dell'esposizione E a fibre di amianto aerodisperse per addetto "bystander" in ambiente di circa 3000 m<sup>3</sup> con 1 ricambio aria ogni ora (RC = 6,7)

Stabilimento	Reparto	Lavorazione	RC	C <sub>NFi</sub> (fibre/ litro)	C <sub>FFi</sub> (fibre/ litro)	t <sub>i</sub> (ore/ anno)	E (fibre/ litro)
Stabilimento 1	Reparto 1	L1	6,7	3800	567	68	220
		L2		4000	597	135	
		L3		2500	373	203	
		L4		2500	373	473	
		L5		750	112	203	
		L6		700	104	135	
		L7		750	112	135	

**BIBLIOGRAFIA**

J.W Cherrie: The effect of room size and general ventilation on the relationship between near and far-field concentrations, 1999, Applied Occupational and Environmental Hygiene, volume 14.

J.W. Cherrie, T. Schneider: Validation of a new method for structured subjective assessment of past concentrations 1999, Annals of Occupational Hygiene, 43.

<sup>1</sup> Che può non coincidere con l'effettivo anno lavorativo standard pari a 1760 ore

R.J. Sherwood, D.M.S. Greenhalgh: A Personal Air Sampler, 1960, Annals of Occupational Hygiene, volume 2.

R. Continisio, L. Quaranta, F. Ruspolini, L. Taglieri : MMMF: mappatura del rischio in Umbria; 2001, Napoli, Atti del 19° Congresso Nazionale AIDII.

J.W. Cherrie: The Beginning of the Science Underpinning Occupational Hygiene, 2003, Annals of Occupational Hygiene, volume 47.

J.T. Purdham, P.R. Bozek, A. Sass-Kortsak: The evaluation of exposure of printing trade employees to polycyclic aromatic hydrocarbons, 1993, Annals of Occupational Hygiene, volume 37.

M.A.E. Plinke, D. Leith, D.B. Holstein, M.G. Boundy: Experimental examination of factors that affect dust generation, 1991. American Industrial Hygienists Association Journal, volume 52.

I. Kulmala: Calculation of Vertical Buoyant Plumes, 1997, Proceedings of Ventilation' 97.

I. Welling, I. Kulmala, I.M. Andersson, G. Rosen, J. Räisänen, T. Mielo, K. Marttinen, A. Säämänen, R. Niemelä: Extent of the Reverse Flow Wake Region Produced by a Body in a Uniform Flow Field, 2001, Applied Occupational and Environmental Hygiene, volume 16.

J.W. Cherrie: Personal and static sample measurements are related, 2004, Occupational and Environmental Medicine, volume 61.

# **LA TRILATERALITÀ NELLA FIGURA DEL RAPPRESENTANTE DEI LAVORATORI PER LA SICUREZZA TERRITORIALE: IL RUOLO STRATEGICO DELLA CONTARP**

P. DESIDERI

INAIL - Direzione Regionale Lazio - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

Il Decreto Legislativo n. 81 del 2008 conferma e ribadisce il ruolo cardine rivestito dal Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza (RLS) nel sistema sicurezza interno alle imprese, prevede in ogni azienda o unità produttiva la presenza di un RLS, interno o Territoriale (RLST). In aggiunta, dove è presente un rilevante numero di imprese (porti, centri intermodali, grandi cantieri, ecc.) deve essere individuato un RLS di sito produttivo in coordinamento operativo con gli RLS delle aziende presenti. INAIL gestisce il Fondo di Sostegno alla Piccola e Media Impresa, per finanziare l'attività dei RLST e degli Organismi Paritetici sul territorio. Il presente contributo riporta l'esperienza della Direzione Regionale per il Lazio e del Comitato Misto da essa coordinato, che ha cofinanziato congiuntamente ad EBLART (Ente Bilaterale per l'Artigianato del Lazio) la formazione dei RLST di comparto nel maggio del 2008, immediatamente a valle dell'entrata in vigore del Decreto Legislativo. In ottica di valorizzazione del contributo della CONTARP, verranno analizzate con metodologia SWOT le opportunità insite nell'attività di formazione qualificata e nel supporto operativo ed economico all'azione dei RLST nei vari settori produttivi.

## **SUMMARY**

Legislative Decree no. 81, 2008 confirms and reinforces the key role played by the Representative for the Workers' Safety (RLS), either internal or Territorial (RLST), in the safety management system in any company or production unit. In addition, if a significant number of enterprises is located in a single site (e.g. seaports, intermodal centres, large construction sites, etc..) a unique RLS for the site must be identified, who operates in coordination with the RLS of the single companies present. INAIL manages the Fund to Support the Small and Medium Enterprise, in order to finance the activities of RLST and of the Joint Bodies. This paper reports the experience of the Regional Directorate for Lazio and of the Joint Committee it coordinates, which has co-financed jointly with EBLART (Bilateral Agency for Handicrafts of Lazio) training of the RLST of Handicrafts in May 2008, immediately after the entry into force of the Legislative Decree. In order to enhance the contribution of CONTARP, SWOT methodology will be applied to analyse the advantages derived either from qualified RLST training, or from operational and economic support to their activities in the different productive sectors.

## **1. IL PERCORSO FORMATIVO**

L'attenzione del Legislatore alla figura del Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza (RLS) nel percorso auspicato di incremento della cultura della sicurezza e della prevenzione è stata ribadita nel disposto del D.Lgs. 81 del 9 aprile 2008, in vigore da maggio 2008.

Il ruolo di mediazione del RLS tra i soggetti coinvolti e le attribuzioni di consulenza e sorveglianza della corretta applicazione della normativa a tutela dell'integrità psicofisica del lavoratore hanno la necessità di essere supportati e valorizzati attraverso percorsi formativi specifici in materia di salute e sicurezza per la figura della prevenzione.

Il legislatore ha inoltre previsto lo sviluppo e l'attestazione di una competenza "professionale" anche per il RLS, che nell'ottica del miglioramento continuo possiede una esigenza formativa incrementata rispetto al passato delle 32 ore totali fissate dal D. M. 16 gennaio 2001, oggi divenute il livello minimo stabilito, essendo previsti aggiornamenti annuali minimi di 8 ore.

La volontà infine di associare ad ogni realtà produttiva una figura di riferimento per la tutela della salute e sicurezza dei Lavoratori ha portato il legislatore alla istituzionalizzazione di un soggetto già operativo in alcuni comparti e settori, il Rappresentante dei Lavoratori per la Sicurezza Territoriale, con il compito di dare concretezza e sostanza alla trilateralità attraverso l'operato sul campo di figure qualificate.

La qualificazione della figura del RLST nel settore dell'Artigianato è stata oggetto del progetto formativo elaborato ed attuato in sede di Comitato Misto INAIL Dir. Reg. Lazio/Parti Sociali secondo il Protocollo d'Intesa tra INAIL Direzione Regionale per il Lazio ed EBLART Ente Bilaterale Artigianato del Lazio stipulato il 20 dicembre 2007.

### **Organizzazione delle sessioni formative**

La fase organizzativa del corso di formazione è iniziata nel mese di aprile 2008, con una serie di incontri della apposita Commissione costituita con funzione di coordinamento congiunto delle attività del Protocollo d'Intesa del Comitato Misto. Ad EBLART sono stati assegnati i compiti di segreteria e l'organizzazione logistica del progetto formativo. La Commissione ha proceduto alla definizione dei contenuti afferenti alle aree didattiche di approfondimento prescelte, ha predisposto il piano formativo per l'erogazione degli stessi ed ha proposto il piano economico di cofinanziamento delle attività formative.

L'elaborazione del piano formativo e della metodologia di erogazione ha richiesto un attento esame della normativa in evoluzione (il D.Lgs. 81/2008 è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale il 30 aprile 2008, entrato in vigore il 15 maggio 2008) e i docenti hanno provveduto ad integrare e modificare i contenuti del materiale formativo in tempo utile per l'erogazione del corso, avvenuta nelle giornate dal 19 al 23 maggio, dal 9 al 13 giugno e il 16 giugno 2008, per complessivo 80 ore di formazione e 8 ore di stage presso azienda del settore artigianato (carrozzeria auto), con verifica finale dell'apprendimento svoltasi al termine dello stage del 16 giugno 2008.

Queste attività, compreso il tutoraggio d'aula, sono state svolte da un gruppo di lavoro coordinato dal Direttore dell'EBLART e composto da professionalità provenienti dall'Ente Bilaterale (EBLART), dalle Organizzazioni Sindacali (CGIL, CISL e UIL) e Datoriali (CNA, Confartigianato), da Organismi ed Associazioni nel campo della formazione (ISFOL, Associazione "SMILE") e da personale tecnico specialistico della ASL RMC e dell'INAIL (CONTARP e CTE).

Nella giornata finale del percorso in aula si è svolto un dibattito di chiusura al quale hanno partecipato l'Arch. Napolitano, Direttore Regionale INAIL per il Lazio, il Presidente del CIV INAIL Dott. Guerisoli, il Presidente EBLART Dott.ssa D'Agostino, oltre a esponenti delle Organizzazioni Datoriali e Sindacali.

## **2. L'ANALISI SWOT**

### **2.1 Il contesto esterno**

Il ruolo assegnato all'INAIL in merito alla rappresentanza per i Lavoratori in materia di sicurezza è stato ipotizzato svolgersi su tre versanti ben delineati.

In primo luogo, in virtù del rapporto istituzionale instaurato con le Aziende, INAIL ha ricevuto il compito di acquisire dati per censire la presenza degli RLS in ogni unità produttiva, attraverso la comunicazione annuale regolamentata nel marzo del 2009. Il censimento consente la trasmissione agli Organismi Paritetici (Enti Bilaterali) degli elenchi di settore delle Aziende dove non è presente il RLS, perché siano messe in contatto con il RLST competente per territorio, se già individuato.

Il secondo compito è quello di stimolo della bilateralità, posto in essere attraverso i Comitati Misti Territoriali ed il finanziamento di Organismi Paritetici e RLST. In questa sede l'azione dell'INAIL ha la funzione di catalizzare la crescita qualitativa e quantitativa dei percorsi formativi rivolti a queste particolari figure della prevenzione previste dal legislatore. La formazione di base e l'aggiornamento previsti per il RLST, strumenti operativi del ruolo di tutela psicofisica dei Lavoratori da applicare negli ambiti di partecipazione analoghi a quelli del RLS, sono profondamente strategici in un percorso di incremento della qualità e quantità della cultura della

sicurezza sul territorio. Serve creare e sponsorizzare figure di monitoraggio e controllo per la salute e sicurezza in grado di supportare fattivamente le Piccole, Medie e Microimprese con competenze specialistiche atte sia a suggerire che ad esigere ove necessario il miglioramento continuo delle prestazioni in materia di Salute e Sicurezza nei Luoghi di Lavoro.

Il terzo compito afferisce alla materia economica. INAIL è gestore del Fondo di Sostegno alla Piccola e Media Impresa, in cui affluiscono anche i versamenti delle aziende dove il RLS non è presente. INAIL è lo snodo economico del Fondo in quanto soggetto esattore per competenza e conoscenza delle masse salariali e soggetto erogatore con ambiti e finalità ben individuate dal disposto normativo. La normativa vigente richiede infine che il soggetto erogatore operi attività di controllo sui finanziamenti erogati, per verifica dell'effettiva realizzazione delle attività finanziate.

Tre compiti connessi intimamente per un ruolo di garanzia in una azione di sistema che coinvolge i Lavoratori e le Associazioni Datoriali e Sindacali attraverso lo strumento degli Organismi Paritetici.

## 2.2 Il contesto interno

Lo storico ruolo istituzionale di assicuratore sociale oggi deve procedere pariteticamente con nuovi ruoli nel campo della prevenzione, della riabilitazione e del reinserimento, in corretta declinazione del ruolo sociale dettato dal disposto costituzionale. La logica di sistema prevista nel D.Lgs. 81/2008 chiede oggi all'INAIL, per i compiti assegnati, di incrementare e strutturare le già forti relazioni presenti con il mondo datoriale e sindacale. Il punto di convergenza delle relazioni in materia di salute e sicurezza è negli Organismi Paritetici (CPT dell'edilizia, Enti Bilaterali di settore) e nei Comitati Misti, luogo di concretizzazione degli interessi reciproci nello sforzo di dare risposta anche ad altre e differenziate problematiche di natura socioeconomica. INAIL entra fisicamente in questi luoghi per disposto di legge e non per sola prassi consolidata, dovendo attivare strumenti e procedure per la finalizzazione dei compiti assegnati, in raccordo e coordinamento con gli altri attori. Occorre quindi analizzare e valutare gli impatti inevitabili che tale sistema di relazioni, in parte già instaurato, porterà nelle attività dell'INAIL sul versante interno, dove dovranno essere strutturate procedure operative, ruoli e responsabilità per gestire le relazioni atte a rispondere nella logica di servizio ai compiti ed alle esigenze del contesto esterno introdotte dal D.Lgs. 81/2008.

## 2.3 La metodologia SWOT

SWOT è l'acronimo inglese dei termini Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (Punti di Forza, Debolezza, Opportunità, Minacce). Tutte le organizzazioni devono cercare di stabilire un'armonia con il loro ambiente esterno, nell'ottica di indirizzare al meglio le risorse verso obiettivi verificati come praticabili. Il diagramma delle analisi SWOT è uno strumento semplice e molto efficiente per analizzare le forze e le debolezze (interne) di una organizzazione in relazione alle opportunità e minacce (esterne). Tuttavia, questa analisi è solo la prima fase. Essere poi realmente in armonia con l'ambiente esterno è spesso il lavoro più difficile.

L'analisi SWOT è uno strumento concettuale utilizzato per identificare i Punti di Forza, le Debolezze, le Opportunità e le Minacce nella gestione e nella formulazione della strategia dell'organizzazione, di una sua componente o personale in un determinato contesto e per definite attività, in essere o da avviare.

I punti di forza e le debolezze sono **fattori interni** che creano o distruggono valore. Possono includere attività, abilità, o risorse che un'organizzazione ha a sua disposizione, paragonate a quelle dei suoi concorrenti. Possono essere misurati usando valutazioni interne o protocolli di confronto (benchmarking) esterni.

Le opportunità e le minacce sono **fattori esterni** che creano o distruggono valore. Un'organizzazione non può controllarli, poiché essi emergono dalle dinamiche competitive del settore/mercato/contesto o da fattori politici, economici, sociali, tecnici, legali e ambientali, individuabili mediante una fase preliminare di indagine definita dall'acronimo inglese PESTLE (Political, Economical, Social, Technical, Legal, Environmental).

Al termine dell'analisi, diviene utile valutare le modalità di relazione tra i fattori interni ed esterni, per abbinamento degli stessi in quella che viene definita la **Matrice di Confronto**, riportata in Tabella 1.

Spesso in realtà le due colonne del diagramma SWOT puntano nelle direzioni opposte. Gli analisti devono quindi riuscire a risolvere il paradosso di creare un allineamento e congruità nell'indicazione delle possibili iniziative da intraprendere. Ciò può essere fatto attraverso la formulazione di una strategia di approccio cosiddetta *Outside-in* (strategia di mercato, market driven) o *Inside-out* (strategia guidata dalle risorse, resource driven).

Tabella 1: Matrice di Confronto degli elementi dell'analisi SWOT

	<b>Opportunità</b>	<b>Minacce</b>
<b>Punti di Forza</b>	<b>Offensivo</b> Trarre il massimo vantaggio	<b>Aggiustare</b> Riequilibrio delle Forze
<b>Debolezze</b>	<b>Difensivo</b> Controllare attentamente il contesto	<b>Sopravvivere</b> Aggirare il problema

Una lista delle fasi tipiche in un processo di analisi PESTLE-SWOT è costituito dalle fasi di:

1. individuazione di obiettivi chiari
2. individuazione ed analisi dei fattori esterni (PESTLE)
3. individuazione ed analisi dei fattori interni
4. creazione del gruppo di progetto (se necessario)
5. elencare i Punti di Forza, le Debolezze, le Opportunità, le Minacce
6. Valutare e individuare priorità attraverso gli obiettivi
7. Comunicare i Risultati
8. Implementare i Risultati
9. Controllare i Risultati

### 3. LA CONTARP E LA FORMAZIONE QUALIFICATA DEL RLST

L'attività tecnica specialistica delle CONTARP sul territorio ha nell'erogazione della formazione qualificata una delle sue attuali punte di eccellenza, con ampio riconoscimento di competenza, qualità e concretezza dell'approccio. La formazione del RLST virtualmente dovrebbe equivalere quella dei Responsabili e Addetti del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP/ASPP) dell'organizzazione, in termini di competenza professionale nell'approccio di valutazione del rischio e nella individuazione dei percorsi di miglioramento delle prestazioni. Nella Tabella 2 si riporta la Matrice di Confronto dell'analisi SWOT per le attività di formazione del RLST.

Una prima considerazione è necessaria. L'attività del RLST è quella di una figura operante a tempo pieno nel campo della Salute e Sicurezza e, conseguentemente, debitrice di contenuti formativi sia di natura generale sul mondo dell'impresa, sia fortemente specialistici per il settore produttivo in cui opera. Questo comporta una erogazione di contenuti attentamente calibrati e specifici, all'interno dei quali non va dimenticata la componente comunicativa e relazionale. Dati tali presupposti, e considerato il ruolo INAIL a livello nazionale, è fondamentale progettare percorsi formativi che da un lato garantiscano un preparazione del RLST omogenea, uniforme e valida su tutto il territorio nazionale, ma che siano anche sartorializzabili per il contesto regionale di tessuto produttivo e per lo specifico settore in cui i RLST esplicano la loro azione di tutela. Solo attraverso una azione INAIL interna di natura organizzativa, simile a quella attuata per la formazione dei RSPP/ASPP, supportata come quella da regolamenti e procedure di qualità dell'attività formativa, sarà possibile affrontare l'erogazione delle competenze necessarie all'azione del RLST su tutto il territorio nazionale e per tutti i comparti produttivi in cui il RLST dovrà operare.

Definite le esigenze formative, attraverso apposita disposizione normativa, diviene importante la definizione degli ambiti e di margini di operatività, le modalità di selezione dei partecipanti, la loro azione e la rendicontazione finale delle attività, onde chiarire le sostanziali differenze tra la nuova figura del RLST, sovrapponibile alla figura del RLS interno, e la preesistente figura del Delegato Sindacale di Bacino per la Sicurezza.

Tabella 2: Matrice di Confronto dell'analisi SWOT per le attività di formazione del RLST

	<b>Opportunità</b>	<b>Minacce</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualificazione professionale RLST</li> <li>- Partenariato in ambito formativo</li> <li>- Approfondimento conoscenze di settore</li> <li>- Controllo gestionale</li> <li>- Ruolo di garanzia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interessi divergenti dei partner</li> <li>- Selezione soggetti quali RLST</li> <li>- Ruolo unicamente economico</li> </ul>
<b>Punti di Forza</b>	<b>Offensivo</b>	<b>Aggiustare</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Competenze CONTARP</li> <li>- Approccio tecnico</li> <li>- Contenuti specialistici</li> <li>- Risorse economiche</li> <li>- Processi e procedure di erogazione in qualità</li> <li>- Ruolo istituzionale</li> <li>- Immagine Istituto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strutturare i percorsi formativi</li> <li>Erogare in qualità</li> <li>Controllo operativo erogazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corretta definizione ambiti dei protocolli d'intesa</li> <li>Definizione costi ammissibili</li> <li>Vincoli di spesa per discente</li> </ul>
<b>Debolezze</b>	<b>Difensivo</b>	<b>Sopravvivere</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risorse Umane interne</li> <li>- Regolamentazione del Fondo</li> <li>- Uniformità sul territorio</li> <li>- Varietà dei contesti</li> <li>- Procedure amministrative</li> <li>- Incentivazione personale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pianificazione nazionale e locale</li> <li>Gruppi di lavoro multidisciplinari</li> <li>Partecipazione ai tavoli decisionali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Accreditamento formatori</li> <li>Regole deontologiche del RLST</li> <li>Supporto attività RLST</li> </ul>

#### 4. LA CONTARP, INAIL E L'ATTIVITÀ DEL RLST

Un elemento di forte criticità sopra evidenziato è presente nella definizione stessa della figura del RLST, in quanto operatore della sicurezza con ruolo di garanzia. Si è fatto riferimento alla figura preesistente, il Delegato Sindacale di Bacino per la Sicurezza, come elemento di possibile distorsione nella selezione dei soggetti da inserire nei percorsi formativi e da accreditare sul territorio presso le organizzazioni che non hanno un RLS nella loro struttura interna per la salute e sicurezza. In questo passaggio è di notevole chiarimento il contenuto del D.Lgs. 81/2008, che all'art. 48, comma 8 esplicita chiaramente il vincolo di incompatibilità tra esercizio delle funzioni di RLST e esercizio di altre funzioni sindacali operative.

Tale disposto, per volontà del legislatore, indica che il RLST deve garantire il momento partecipativo dei lavoratori, laddove non si sia proceduto all'individuazione di un RLS interno. Dati tali presupposti, la selezione, la formazione e l'operatività del RLST dovrebbe essere sottoposta a regole chiare, in grado di fornire al soggetto incaricato della gestione del Fondo, INAIL, la griglia operativa di azione per l'efficiente utilizzo delle risorse disponibili, umane ed economiche.

Una modalità operativa possibile e facilmente praticabile potrebbe essere quella del supporto operativo, necessario anche per uniformare l'azione del RLST sul territorio nazionale.

L'Istituto, in qualità di gestore e garante istituzionale, potrebbe, in aggiunta alla formazione qualificata, inizialmente strutturare gli strumenti operativi del RLST per la raccolta delle informazioni, attraverso liste di controllo specifiche di settore e la misurazione di opportuni indicatori di prestazione utili quale base per il successivo percorso di miglioramento. In secondo luogo, il monitoraggio dell'azione attraverso la reportistica delle attività, con la gestione e l'analisi delle informazioni di natura tecnica in essa contenute, rappresenterebbe un ottimo strumento di approfondimento di conoscenza delle prestazioni delle PMMI in materia di sicurezza.

I ritorni dell'attività di sostegno e di affiancamento degli Organismi Paritetici, sono evidenti in ambiti ben precisi:

- a) la presenza attenta dell'Istituto a fianco degli Organismi Paritetici, nella maggioranza dei casi privi di strutture tecniche in grado di operare il tutoraggio dei RLST, consentirebbe il reale addestramento di queste figure attraverso la veicolazione di quello che già oggi possiamo definire lo "Stile INAIL" di approccio alla materia prevenzionale, basato sull'attenzione alle modalità di relazione con le organizzazioni per evitare disturbi ed interferenze indebite nell'azione produttiva;
- b) l'enorme mole di informazioni recuperabile mediante l'operato dei RLST in settori critici per la salute e sicurezza, quale quello delle piccole, medie e micro imprese (PMMI), potrebbe essere sicuro fondamento delle attività necessarie a definire in maniera più puntuale e proficua le semplificazioni eventualmente possibili per queste dimensioni aziendali in materia di valutazione dei rischi, di modelli di organizzazione e gestione, oltre a portare alla luce, ove praticate, le buone prassi da diffondere a livello nazionale ed a consentire la definizione di dettagliate mappe di rischio per i diversi settori produttivi;
- c) l'eventuale azione di monitoraggio dei finanziamenti erogati nell'ambito della gestione del Fondo per i RLST riceverebbe un qualificante contributo dalle attività tecniche di supporto alle prestazioni degli stessi RLST.

Tabella 3: Matrice di Confronto degli elementi dell'analisi SWOT per la supervisione tecnica dell'operato del RLST

	<b>Opportunità</b>	<b>Minacce</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Addestramento RLST</li> <li>- Mappe di rischio per PMMI</li> <li>- Buone prassi</li> <li>- Controllo operativo e gestionale</li> <li>- Ruolo di garanzia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interessi divergenti dei partner</li> <li>- Strumentalizzazione azione RLST</li> <li>- Ruolo unicamente economico</li> </ul>
<b>Punti di Forza</b>	<b>Offensivo</b>	<b>Aggiustare</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Competenze CONTARP</li> <li>- Approccio tecnico</li> <li>- Contenuti specialistici</li> <li>- Risorse economiche</li> <li>- Processi e procedure operative di qualità</li> <li>- Ruolo istituzionale</li> <li>- Immagine Istituto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Strutturare strumenti operativi</li> <li>Supportare le azioni</li> <li>Acquisire le informazioni</li> <li>Elaborare soluzioni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regole di ingaggio</li> <li>Monitoraggio attività</li> <li>Strumenti di rilevazione del clima delle relazioni industriali</li> </ul>
<b>Debolezze</b>	<b>Difensivo</b>	<b>Sopravvivere</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risorse Umane interne</li> <li>- Regolamentazione del Fondo</li> <li>- Uniformità sul territorio</li> <li>- Varietà dei contesti</li> <li>- Procedure amministrative</li> <li>- Incentivazione personale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pianificazione nazionale e locale</li> <li>Gruppi di lavoro multidisciplinari</li> <li>Partecipazione ai tavoli decisionali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Monitoraggio fondi erogati</li> <li>Codice operativo del RLST</li> </ul>

## 5. CONCLUSIONI

I compiti assegnati dal recente disposto normativo all'Istituto in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro vengono ulteriormente ampliati con l'inclusione del ruolo di gestione del Fondo di Sostegno alla PMMI, ai RLST e alla pariteticità, dedicato almeno per la sua metà all'operato di queste nuove figure della prevenzione, i RLST, sia in fase di generazione delle necessarie competenze specialistiche di natura tecnica con strumenti formativi, sia attraverso il supporto economico alle attività dei RLST e degli Organismi Paritetici. La evidente natura prevenzionale di questo nuovo ruolo si propone possa fare leva su una adeguata componente tecnica, tenuto conto della necessità di formare soggetti in grado di analizzare e migliorare i contesti produttivi, nell'ottica del miglioramento delle prestazioni. In tale ottica, diviene strategica la fornitura a questi

soggetti di efficaci e snelli strumenti operativi atti a operare fattivamente nel miglioramento delle prestazioni. Gli stessi strumenti potrebbero finalizzare le informazioni tecniche ricevute anche per le attività di monitoraggio sull'erogazione dei fondi.

L'analisi delle informazioni di natura tecnica recuperate sui luoghi di lavoro può essere considerata un inevitabile incremento della conoscenza delle problematiche in materia di salute e sicurezza delle PMmI, base di partenza per l'elaborazione di soluzioni loro dedicate per la semplificazione degli adempimenti, attraverso procedure standardizzate di valutazione del rischio, modelli di gestione della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro dedicati alla specifica dimensione aziendale, elaborazione di mappe di rischio e indicatori di prestazione in grado di promuovere l'eccellenza per sanare l'indecenza.



# **OLII LUBRO-REFRIGERANTI: ASPETTI IGIENISTICO- PREVENZIONALI NELLE LAVORAZIONI DI ASPORTAZIONE DI TRUCIOLO**

M.R. FIZZANO, E. INCOCCIATI

INAIL – Direzione Generale – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

La produzione di manufatti metallici tramite lavorazioni per asportazione di truciolo comporta un larghissimo impiego di olii lubrorefrigeranti, normalmente additivati con numerose sostanze chimiche che, durante la lavorazione alle macchine utensili, possono costituire fonte di esposizione ad agenti tossici, anche cancerogeni.

L'esposizione professionale nel comparto è dovuta soprattutto al contatto cutaneo. Nel presente studio si analizzano gli aspetti di igiene e sicurezza legati all'uso degli olii lubro-refrigeranti: a partire dall'individuazione delle sostanze presenti nei preparati e dalle malattie professionali ad essi correlabili, vengono illustrate le modalità di lavoro alle macchine utensili e i possibili scenari di esposizione professionale. Infine si individuano le principali misure di prevenzione e protezione adottabili per limitare l'entità del rischio.

## **SUMMARY**

Lubricating oils are widely used to improve performance of machine tools in metal and mechanical industry. A lot of additives, causing health problems and originating professional diseases, enter into oils composition.

During working at machine tools, all these components give rise to vapours and fogs containing dangerous and carcinogenic chemicals.

The aim of this study is to offer a complete review of professional exposure to chemicals in mechanic divisions, with particular regard to exposure scenarios, and to describe prevention measures that could be adopted in order to reduce professional disease outbreaks.

## **1. INTRODUZIONE**

Il campo di applicazione degli olii lubrificanti è ampio: ne sono esempio l'utilizzo nei motori e nell'industria. Gli olii per il settore industria sono tutti quei prodotti destinati alla lubrificazione dei macchinari industriali, con caratteristiche specifiche in funzione del loro utilizzo finale. Sulla base dei principali impieghi cui sono destinati, gli olii si distinguono in: olii per sistemi idraulici, olii per la lubrificazione di ingranaggi, cuscinetti di turbine, di compressori, di guide e slitte di macchine utensili, olii diatermici e sformanti, olii da processo, olii per la lavorazione dei metalli, olii protettivi, fluidi da tempra. In questa sede si prendono in considerazione gli olii da taglio interi, ossia olii per la lavorazione dei metalli tramite asportazione di truciolo nel caso siano richieste prevalentemente proprietà lubrificanti nel contatto utensile-pezzo in lavorazione, e olii da taglio emulsionabili, utilizzati, al pari di quelli interi, nelle operazioni di asportazione di truciolo, ma più solubili e quindi adatti nel caso siano richieste proprietà raffreddanti (conferite dalla presenza di acqua). Nel comparto metalmeccanico viene fatto un larghissimo uso di olii da taglio. La loro funzione consiste nel ridurre l'attrito tra parti in movimento, nel raffreddare componenti che tendono a surriscaldarsi, nel rimuovere i trucioli, nel prevenire la corrosione dei metalli, e la formazione di ruggine: in ultima analisi nel migliorare l'efficienza e ridurre l'usura di macchine, utensili e motori.

## 2. TIPOLOGIE, CAMPI DI APPLICAZIONE E CONSUMI

Come lubrificanti possono essere usati olii di diversa origine e natura chimica: di origine animale (ormai in disuso), vegetale (usati solo in applicazioni particolari), minerali (soprattutto derivati dal petrolio), completamente o semisintetici, ottenuti cioè modificando la struttura chimica di olii naturali.

Il processo di produzione degli olii lubrificanti varia in funzione del prodotto che si intende ottenere; in ogni caso il prodotto finito è costituito da:

- 1) olii base, che rappresentano la componente preponderante nella maggioranza dei lubrificanti, la cui qualità è strettamente correlata alle materie prime e ai processi di lavorazione. Si distinguono basi minerali, basi non convenzionali e sintetiche, basi raffinate e basi vegetali. Le basi minerali, miscele di idrocarburi ottenute a partire da petrolio greggio mediante processi di raffinazione o di idrogenazione, sono di gran lunga le più diffuse;
- 2) additivi, consistenti in sostanze che, aggiunte in quantità controllate, ne migliorano le caratteristiche al fine di ottenere un prodotto finito destinato a specifiche applicazioni. Si distinguono, tra gli altri, i modificatori dell'indice di viscosità, i miglioratori del punto di scorrimento, gli antischiuma, gli antiusura, i detergenti/disperdenti, gli anticorrosivi, gli antiossidanti.

Tra le proprietà di un olio lubrificante, di particolare rilevanza è la viscosità, consistente nella misura della resistenza allo scorrimento di un fluido e funzione della struttura molecolare dei costituenti l'olio. Tale parametro varia in modo inversamente proporzionale con la temperatura: le variazioni di viscosità differiscono per i vari tipi di olio e sono misurate dall'indice di viscosità. Tra le classificazioni in base alla viscosità degli olii destinati agli impieghi industriali una delle più diffuse è la ISO VG (International Organization for Standardization).

Il ciclo di vita dei lubrificanti industriali può prevedere un utilizzo a ricircolo o un impiego a perdita. Nel caso di impiego in impianti a circolazione, che costituiscono la maggior parte degli impieghi industriali, dopo aver svolto la loro vita operativa, gli olii vengono scaricati, recuperati e destinati alla ri-raffinazione. Nel caso di impiego a perdita la maggior parte del lubrificante si consuma durante l'uso a causa del calore generato nel corso delle lavorazioni, un'altra parte resta sui pezzi metallici da lubrificare e un'ultima piccola parte si perde nell'ambiente.

In Europa più del 50% degli olii lubrificanti prodotti è destinato al settore industria; nel nostro paese i volumi totali commercializzati nel 2006 sono stati pari a 542 mila tonnellate di cui il 55% destinati all'industria. Di questi i volumi più rilevanti sono gli olii idraulici e gli olii da processo mentre gli olii per la lavorazione dei metalli rappresentano il 16% circa del totale dei volumi in gioco.

## 3. COMPOSIZIONE E PROPRIETÀ

Gli olii minerali si distinguono in interi ed emulsionabili ed hanno una composizione estremamente variabile, a seconda del processo di raffinazione a cui sono stati sottoposti in sede di produzione [MENICHINI, 1986].

In generale sono disponibili in commercio quattro classi di fluidi: puri, solubili, semisintetici, sintetici. Eccetto i primi, tutti devono essere miscelati con acqua prima di essere utilizzati.

Gli *olii puri* (di base) sono di origine minerale (petrolio) o vegetale. Oggi quelli minerali sono ottenuti dopo severi trattamenti di raffinazione o con idrogeno. Si riconoscono per la loro viscosità, contengono additivi clorurati e zolfo. Sono generalmente usati nei casi in cui è richiesta un'azione di lubrificazione più che di raffreddamento.

Gli *olii solubili* sono anche detti emulsionabili: sono costituiti da 30 a 85% di olio minerale di base (severamente raffinato) e agenti emulsionanti che ne aiutano la dispersione in acqua. Di solito contengono additivi che ne aumentano le prestazioni e ne allungano la vita; possono contenere coloranti. In genere offrono una buona lubrificazione e un buon raffreddamento; svantaggi sono dati dal fatto che talora hanno poco controllo della corrosione, possono rendere le superfici delle

macchine molto sporche, con residui difficili da rimuovere e, in alcuni casi, la miscela può avere poca stabilità.

Gli *oli semisintetici* contengono basse quantità di olio puro, per esempio 5-30% nel prodotto concentrato. Offrono buone proprietà lubrificanti, di raffreddamento, di controllo della corrosione, e “sporcano” meno dei solubili. Contengono gli stessi ingredienti degli olii solubili ma additivi emulsionanti più complessi.

Gli *oli sintetici* non contengono olii minerali di base ma componenti tipo “detergenti” che ne aiutano la bagnabilità e ne aumentano le prestazioni. Sono i più “puliti”, hanno le migliori proprietà di raffreddamento e di controllo della corrosione; inoltre sono trasparenti permettendo all’operatore di mantenere il controllo visivo del pezzo in lavorazione.

### 3.1 Classi di additivi

In generale ciascuna tipologia di olio contiene additivi che ne aumentano le prestazioni, ne allungano la vita, hanno funzione antiusura, antiossidante per prevenire l'irrancimento e variazioni di pH, corrosione (fenoli, esaclorofene), antiruggine (idrossilammina), antibatterica (cresoli), fungicida, antischiuma (siliconi), antinebbia, emulsionanti (solfonati, tensioattivi), coloranti (fluorescine), condizionatori di umidità (polifosfati), ecc..

Una sintesi dei principali additivi contenuti negli oli lubro-refrigeranti è riportata nelle Tabelle 1 e 2:

Tabella 1: Additivi presenti nei negli “oli puri” (OSHA, 2008)

Additivo	Prestazione	Esempi di classi di composti chimici
Agenti per oleosità	Aumento dell’efficacia del film	Olii vegetali, esteri di polioli
Agenti per pressioni alte	Lubrificazione ad alte pressioni	Grassi solforizzati, paraffine clorinate
Antiossidanti	Riduzione dell’ossidazione del fluido	Fenoli alchilati
Agenti passivanti	Protezione dei metalli dalla corrosione	Triazolo
Inibitori di corrosione	Protezione della macchina o di sue parti	Solfonati di calcio
Agenti anti nebbia	Riduzione della formazione di aerosol	Poli-isobutilene polimero

Tabella 2: Additivi negli olii “solubili”, “sintetici”, “semisintetici” (OSHA, 2008)

Additivo	Prestazione	Esempi di classi di composti chimici
Agenti per oleosità (indice di viscosità)	Aumento dell’efficacia del film	Esteri di polioli
Lubrificanti sintetici	Aumento della lubrificazione	Etilene o propilene ossido <sup>1</sup>
Agenti emulsionanti	Dispersione dell’olio in acqua, aumento della bagnabilità	Solforati (petroleum) <sup>2</sup> , sali di acidi grassi, tensioattivi non ionici
Alcalonammina	Fonte di alcalinità	Mono e tri – etanolammine, polimeri, ammidi
Agenti (antiusura) per pressioni estreme	Lubrificazione ad alte pressioni	Grassi solforizzati, paraffine clorinate, derivati del fosforo
Biocidi	Riduzione della presenza di microorganismi	Triazine, Ossazolidina
Agenti coupling	Miglioramento della solubilità degli additivi	Alcool grassi
Inibitori della corrosione	Prevenzione della corrosione dei pezzi o degli utensili	Solfonati di sodio, saponi acidi grassi, ammine, sali di ammine o acido borico

<sup>1</sup> Solo nei fluidi sintetici

<sup>2</sup> Solo nei fluidi solubili

Agenti chelanti	Riduzione degli effetti della durezza dell'acqua	EDTA
Antischiuma	Riduzione della produzione di schiuma	Alcool grassi a lunga catena <sup>3</sup>
Agenti passivanti	Protezione dei metalli dalla corrosione	Triazolo
Plasticizzanti		Glicole etilenico glicol etere

#### 4. ASPETTI IGIENISTICO-INDUSTRIALI

##### 4.1 La modalità di lavoro e gli scenari di esposizione

Le macchine utensili oggetto del presente studio sono quelle che provvedono all'asportazione meccanica di materiale a partire da un pezzo di metallo od alla rifinitura di un manufatto.

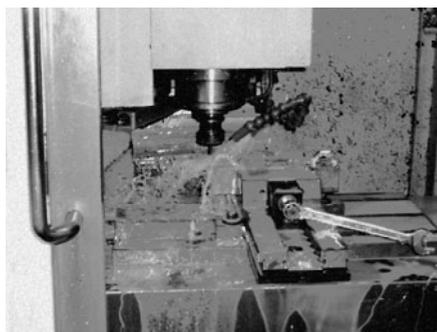


Fig. 1: Particolare di fresatrice a controllo numerico computerizzato

Tipici esempi sono le fresatrici, le foratrici, i torni, le alesatrici, le alesatrici-fresatrici. Per tali macchine ha avuto ampia applicazione la tecnologia del controllo numerico, che ne gestisce elettronicamente i movimenti. Normalmente l'operatore colloca il pezzo da lavorare nella opportuna posizione e, dopo aver avviato la macchina, lo rimuove solo al termine del ciclo di lavoro o per eventuali controlli intermedi. Ai fini dell'esposizione ai fluidi lubro-refrigeranti il ciclo può essere considerato "chiuso" per quanto riguarda l'esposizione inalatoria, mentre può avere importanza l'assorbimento cutaneo se i pezzi in lavorazione vengono manipolati senza opportuni DPI. E' possibile che si realizzi un "contatto diretto" con l'olio anche quando sia necessario pulire l'utensile o intervenire su di esso per operazioni di manutenzione ordinaria o straordinaria. Possono essere una fonte di esposizione per contatto cutaneo anche le nebbie d'olio aerodisperse che si formano per effetto della velocità con cui lavora l'utensile e per la condensazione di vapori generati dalle alte temperature in gioco.

##### 4.2 I rischi per la salute

Il rischio per la salute derivante dall'esposizione a olii lubrorefrigeranti è legato:

- ai procedimenti di raffinazione a cui l'olio è stato sottoposto;
- agli additivi che vengono aggiunti all'olio base;
- alle modalità con cui viene utilizzato e alle misure di protezione che vengono adottate.

I principali fattori di rischio derivanti dall'esposizione agli olii lubrorefrigeranti sono riconducibili al contatto cutaneo con il fluido e all'inalazione di nebbie, derivanti dall'aerosol d'olio, e fumi, derivanti della degradazione termica.

<sup>3</sup> Solo nei fluidi semisintetici

Diversi agenti chimici possono rappresentare fonte di rischio [ISPESL, 2008]:

- **IPA** (Idrocarburi Policiclici Aromatici), classe di composti considerata il principale fattore di rischio legato all'uso degli olii lubro-refrigeranti in quanto cancerogeni. Gli olii a blanda raffinazione, cioè trattati con acido e argilla o sottoposti ad un trattamento moderato con idrogeno, sono caratterizzati da un'elevata concentrazione di IPA; scarse concentrazioni di IPA sono contenute solo negli olii altamente raffinati, cioè sottoposti ad un'estrazione con solvente e/o ad un trattamento con idrogeno o acido solforico (fumante). Va tuttavia sottolineato che per gli olii che contengono in partenza anche piccole percentuali di IPA è possibile, con l'uso, un incremento della loro concentrazione. Esistono test analitici di tipo chimico per evidenziare il possibile contenuto in IPA.
- **PCB** (Policlorobifenili);
- **B (a) P [benzo, a - pirene]** : essa è pari a circa 350 ppm negli olii non raffinati e 0,004 ppm negli olii severamente raffinati;
- **metalli** (piombo, nichel, cromo ecc.);
- **nitrosammine** che si possono formare nel caso di fluidi additivati con ammine o nitriti. In particolare per gli olii che nella formulazione contengono dietanolammina, è possibile, con l'uso, la formazione di N-Nitrosodietanolammina, sostanza cancerogena.

Inoltre è possibile lo sviluppo di una flora batterica pericolosa che può causare dermatiti, allergie, patologie respiratorie, ecc. se gli agenti battericidi ed antifungini (ad es. formaldeide, antibiotici vari) presenti nella formulazione iniziale vengono consumati.

#### 4.3 Gli effetti sulla salute

Dermatiti, acne, asma, irritazione delle vie aeree superiori e diversi tipi di cancro sono stati associati con l'esposizione ad olii lubrorefrigeranti. La gravità della malattia è relazionata a diversi fattori, ad esempio il tipo di fluido, il grado di contaminazione, la durata e il livello dell'esposizione.

Il contatto cutaneo può realizzarsi nel caso in cui il lavoratore, non indossando DPI, immerge le dita nel fluido, prende pezzi bagnati o tocca parti di macchine o attrezzi sporchi. Importanti possono essere anche gli schizzi. Tuttavia anche abiti contaminati, scarsa igiene personale, uso di concentrazioni superiori a quelle raccomandate, elevata alcalinità che rimuove i grassi della pelle, contatto prolungato, lavaggio delle mani con saponi abrasivi o acqua troppo fredda o calda possono contribuire allo sviluppo di problemi della pelle. Come conseguenza dell'assorbimento cutaneo sono stati evidenziati sia la dermatite che l'acne: secondo uno studio del NIOSH [NIOSH, 1998] fino al 67% dei lavoratori esposti possono essere colpiti da dermatite da contatto. Persone che lavorano con olii emulsionabili sono maggiormente esposti a rischio di dermatite mentre all'acne sono associati gli olii di base.

I disturbi respiratori comprendono sintomi vari tra cui anche irritazioni acute delle vie respiratorie, asma, bronchiti croniche, ecc.. In questo caso va sottolineato che molti componenti possono indurre asma e che, in generale, possono comportare l'aggravamento di situazioni preesistenti.

Molti studi hanno messo in evidenza un legame tra lavorazioni effettuate in presenza di olii lubrorefrigeranti e cancro del retto, pancreas, laringe, pelle e vescica, manifestatosi anche dopo decenni. Tuttavia va sottolineato che la concentrazione in aria di composti pericolosi è diminuita rispetto a quella degli anni '70 e '80. Infatti prima del 1985 i fluidi potevano contenere nitriti, olii non raffinati, ed altri composti chimici poi eliminati per i problemi di salute connessi. In tal modo, anche se non vi sono sufficienti prove per dimostrarlo, è ragionevole supporre che il rischio di cancro è sia stato notevolmente abbassato.

#### 4.4 Le malattie lavoro-correlate

Al fine di verificare l'incidenza delle malattie connesse all'uso di olii lubro-refrigeranti è stata condotta un'indagine sulle malattie professionali correlate alla voce di tariffa INAIL 6240 – *“Lavorazione alle macchine utensili per asportazione di materiali: lavori di tornitura, fresatura, trapanatura, ecc.”* delle gestioni industria e artigianato.

Le malattie professionali evidenziate sono state raggruppate nelle tre tipologie mostrate in Tabella 3. I risultati numerici di tale elaborazione sono riportati nelle tabelle 4 e 5 che riguardano, rispettivamente, le malattie professionali denunciate ed indennizzate mentre la Figura 2 ne visualizza l'andamento temporale. Le affezioni cutanee denunciate negli anni 2003-2008 variano tra un massimo del 14 e un minimo del 5%: tra tutte spiccano le dermatiti da contatto e gli eczemi. I tumori, con sedi vescica, laringe, pleura, oscillano tra 1 o 2%. Risultano comprese tra il 2 e il 4% anche le affezioni respiratorie denunciate. I dati riscontrati dal database dell'INAIL, quindi, confermano quanto riportato in letteratura (cfr. par. 4.3)

Tabella 3: malattie professionali correlate alla voce INAIL di tariffa 6240

Affezioni cutanee	Altre malattie della cute e del tessuto cellulare sottocutaneo
	Dermatite da contatto ed altri eczemi
	Affezioni eritematose
	Dermatosi eritemato-squamose, eczemi infantili
	Orticaria
Affezioni respiratorie	Asma
	Affezioni croniche del rinofaringe e dei seni paranasali
	Affezioni respiratorie da inalazioni di fumi e vapori
	Altre malattie polmonari
	Bronchite cronica
	Placche pleuriche, ispessimenti pleurici
	Polmonite da sostanze solide e liquide
	Broncopolmonite
	Enfisema
Tumori	Maligno della prostata
	Maligno della pleura
	Tumore maligno della trachea, dei bronchi, del polmone non specificato come secondario
	Maligno delle cavità nasali
	Maligno della vescica
	Benigno di altri o non specificato

Tabella 4: malattie professionali denunciate negli anni 2003-2008

Anno	Affezioni cutanee (%)	Affezioni respiratorie (%)	Tumori (%)	Indeterminate	Altre	Totale
2003	52 (14%)	14 (4%)	7 (2%)	84	226	383
2004	40 (11%)	13 (3%)	4 (1%)	49	269	375
2005	35 (9%)	15 (4%)	5 (1%)	5	310	370
2006	23 (9%)	5 (2%)	6 (2%)	3	219	256
2007	24 (9%)	5 (2%)	3 (1%)	6	218	256
2008	18 (5%)	11 (3%)	7 (2%)	29	280	345

Tabella 5: malattie professionali indennizzate negli anni 2003-2008

Malattie indennizzate	Affezioni cutanee (%)	Affezioni respiratorie (%)	Tumori (%)	Indeterminate	Altre	Totale
2003	31 (46%)	2 (3%)	4 (6%)	0	20	67
2004	4 (5%)	13 (17%)	4 (5%)	0	54	75
2005	8 (11%)	2 (3%)	2 (3%)	-	63	75
2006	9 (15%)	1 (2%)	4 (6%)	0	48	62
2007	10 (14%)	0	1 (1%)	0	62	73
2008	8 (15%)	9 (17%)	2 (4%)	0	33	52

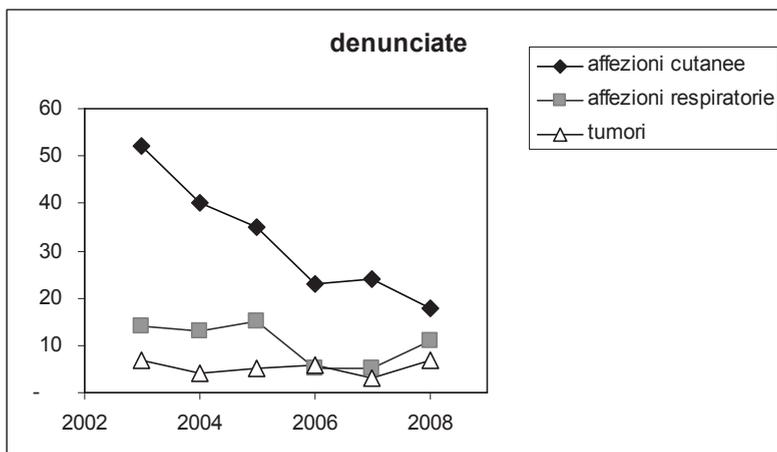


Figura 2a: malattie professionali denunciate per la voce di tariffa INAIL 6240 - gestioni industria e artigianato - anni 2003-2008 (fonte INAIL).

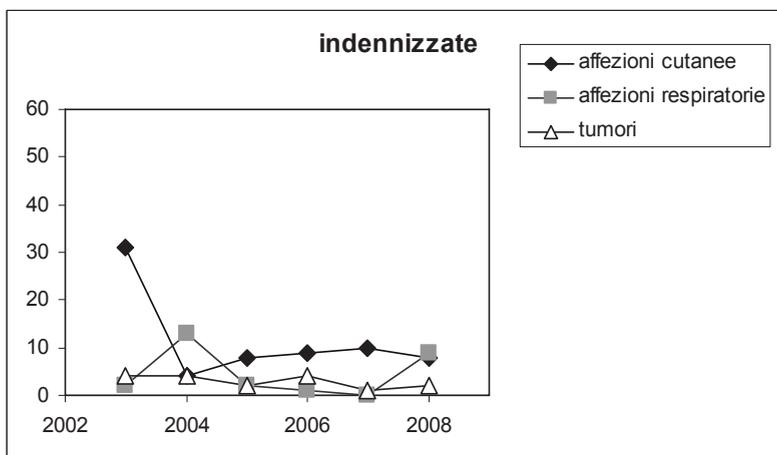


Figura 2b: malattie professionali indennizzate per la voce di tariffa INAIL 6240 - gestioni industria e artigianato - anni 2003-2008 (fonte INAIL).

#### 4.5 I valori limite di esposizione

Lo IARC ha classificato gli olii scarsamente raffinati come a “sufficiente evidenza di cancerogenicità”; attualmente la maggior parte degli olii in commercio risulta negativa al test di mutagenicità di Ames.

Valori limiti sono stati fissati da diversi organismi internazionali:

- l'ACGIH (American Conference of Governmental Hygienists) ha proposto per gli olii minerali usati nelle lavorazioni dei metalli un TLV-TWA pari a  $0.2 \text{ mg/m}^3$  e per gli olii minerali altamente raffinati un TLV-TWA pari a  $5 \text{ mg/m}^3$ . Inoltre ha classificato in classe A2 - cancerogeno sospetto per l'uomo - gli olii minerali scarsamente o mediamente raffinati e in classe A4 - non classificabile come cancerogeno per l'uomo - gli olii minerali altamente raffinati;
- l'OSHA, in un lavoro del 1993, fa riferimento a due valori:  $5 \text{ mg/m}^3$  ( TLV-TWA ) per le nebbie di olio minerale e  $15 \text{ mg/m}^3$  (TLV-TWA) per il particolato non altrimenti classificato (PNOC), applicabile agli olii refrigeranti non appartenenti alla prima categoria (oli puri di base). Inoltre nel 1999, la Commissione OSHA “Metalworking Fluids Standards Advisory

Committee”, basandosi su studi relativi all’asma, ha raccomandato un limite di esposizione permessa per 8-ore (PEL) di  $0.4 \text{ mg/m}^3$  per la frazione toracica di particolato e di  $0.5 \text{ mg/m}^3$  per quella totale;

- Il NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) nel 1998, ha raccomandato un valore limite REL (Recommended Exposure Limit), finalizzato a prevenire o ridurre i disturbi respiratori associati all’esposizione a olii lubro-refrigeranti, per gli aerosol pari a  $0.4 \text{ mg/m}^3$  di particolato toracico come media pesata (TWA) di 10 ore al giorno in settimana lavorativa di 40 ore.

## 5. ASPETTI PREVENZIONALI

Nelle lavorazioni con macchine utensili la scelta dell’impianto di aspirazione e di diluizione degli inquinanti aerodispersi rappresenta un’importante priorità ai fini prevenzionali. La relativa progettazione deve essere tale da garantire efficienza (l’impianto deve essere rispondente al complesso di regole di fluidodinamica e di igiene industriale) ed efficacia (l’esposizione professionale deve essere quanto più possibile contenuta).

La tipologia di ventilazione da installare deve tener conto della qualità dell’olio impiegato nelle lavorazioni alle macchine utensili: quanto più l’olio si rivela pericoloso per la salute degli operatori tanto più sarà necessario preferire le cappe avvolgenti alle cappe esterne quali terminali di aspirazione. Infatti le cappe esterne (o a induzione) che non racchiudono la sorgente ma sono poste, in genere, superiormente o lateralmente alle sorgenti di emissione dell’inquinante, devono essere installate solo quando sia impossibile o difficoltoso l’utilizzo di cappe avvolgenti. Queste ultime, d’altra parte, racchiudono completamente la sorgente degli inquinanti garantendone l’aerodispersione solo all’interno della cappa. Le portate di aspirazione necessarie sono in genere ridotte in quanto l’impianto deve mantenere in depressione la zona protetta senza che siano garantite velocità di cattura elevate; occorre comunque che le superfici di apertura tra la cappa e l’ambiente esterno siano ridotte al minimo e che attraverso le relative sezioni siano mantenute adeguate velocità di captazione. Le schermature delle cappe possono essere:

-completamente chiuse, consistenti in schermi fisso e mobili privi di aperture per cui consentono portate ridotte;

-con aperture limitate e ben definite per cui la velocità di captazione va fissata in funzione della velocità e delle traiettorie con cui gli inquinanti le attraversano.

Infine negli ambienti industriali che ospitano tali macchine utensili il ricircolo dell’aria inquinata non è ammesso: la presenza negli inquinanti di componenti altamente tossici e con sufficiente evidenza di effetti cancerogeni sull’uomo, impone che l’impianto di aspirazione localizzata espella all’esterno, previa depurazione se necessaria, gli inquinanti convogliati.

Rispetto alla possibilità di schermare completamente le macchine di lavorazione va detto che, oltre a confinare la sorgente di emissione degli inquinanti aerodispersi e ad evitare lo spargimento di spruzzi dei fluidi lubro-refrigeranti e il loro contatto con gli operatori, tale soluzione progettuale è, ove possibile, la migliore adottabile. Essa garantisce infatti anche rispetto alla proiezione di trucioli o pezzi in lavorazione e la propagazione del rumore.

Una tecnologia di processo utile a limitare il problema ambientale connesso all’uso di fluidi da taglio nelle lavorazioni per asportazione di truciolo è la lubrificazione minimale. Impiegata in alternativa ai processi di taglio mediante inondazione con il fluido, essa garantisce il completo consumo del meato d’olio nella lavorazione abbattendo la generazione e l’aerodispersione di nebbie oleose. D’altra parte anche il problema dello stoccaggio di composti chimici che necessitano particolari procedure di dismissione una volta esaurita la loro funzione, viene in tal modo ad essere notevolmente ridimensionato. Studi condotti nella fresatura dell’acciaio (ARCARI, 1994) hanno dimostrato che, ottimizzando il processo, la tecnica della lubrificazione minimale è preferibile rispetto al taglio a secco e a umido sia per quanto riguarda la dinamica d’usura che per la finitura superficiale dei pezzi lavorati. Inoltre, laddove ottimizzata, tale tecnica pur considerando

l'investimento aggiuntivo in attrezzature, permette di garantire costi di prodotto inferiori al taglio a secco e ad umido.

## 6. CONCLUSIONI

Lo studio svolto, sebbene non accompagnato dal riscontro di rilievi analitici, ha permesso di apprezzare il rischio chimico nel comparto delle lavorazioni per asportazione di truciolo e di dedurre che l'interesse principale per l'igienista industriale risiede soprattutto nell'esposizione cutanea dei lavoratori ai componenti pericolosi presenti negli olii lubrificanti. Si intravede, quindi, la possibilità di approfondire, attraverso una campagna di monitoraggio, la tematica dell'assorbimento cutaneo delle sostanze chimiche.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano la CSA (Consulenza Statistico Attuariale dell'INAIL) per i dati statistici forniti e l'ing. Enrico Ferro della CONTARP per i suggerimenti e le indicazioni forniti.

Si ringrazia, inoltre, il sig. Pierluigi Gattamelata, titolare della ditta PALSMEC di Nettuno (RM), per la disponibilità dimostrata.

## BIBLIOGRAFIA

**C. Arcari et al.** Impianti di ventilazione nelle lavorazioni con macchine utensili, Regione Emilia-Romagna, Assessorato alla Sanità, 1994

**E. Meneghini:** L'esposizione professionale agli olii lubrificanti: criteri per l'individuazione, il controllo e la prevenzione dei rischi, Rapporti ISTISAN, maggio 1986

**ISPESL - Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza sul Lavoro:** Profilo di rischio nel comparto macchine utensili (metalmecanica), [www.ispesl.it](http://www.ispesl.it), marzo 2008

**NIOSH - National Institute for occupational Safety and Health:** Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Metalworking Fluids, 1998.

**OSHA - Occupational Safety & Health Administration:** Metalworking Fluids: Safety and Health Best Practices Manual, [www.osha.gov](http://www.osha.gov), aggiornato marzo 2008



# CONSULENZA ALLE AZIENDE: ESPERIENZA TERRITORIALE NELLA PROVINCIA DI CATANIA NELL'AMBITO DEL PROTOCOLLO D'INTESA INAIL - APINDUSTRIE - ENFORM

C. GARGANO, G. GIAQUINTA, S. MARCELLINO

INAIL - Direzione Regionale Sicilia, – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## RIASSUNTO

Nella consapevolezza che una stretta collaborazione tra le istituzioni, le parti sociali e gli enti bilaterali possa favorire la responsabilizzazione dei datori di lavoro e dei lavoratori per il perseguimento degli obiettivi di sicurezza e di igiene del lavoro, è stato stipulato nella Provincia di Catania un Protocollo d'Intesa tra INAIL, APINDUSTRIE ed ENFORM.

Le parti hanno concordato la costituzione di uno “Sportello Prevenzionale” rivolto alle piccole e medie imprese associate ad APINDUSTRIE. La finalità di tale iniziativa è quella di fornire consulenza alle aziende e sensibilizzare i datori di lavoro alle problematiche di salute e sicurezza presenti nelle proprie realtà lavorative, creando un clima di collaborazione tra le imprese e la pubblica amministrazione. La CONTARP interviene per l'analisi della documentazione tecnica prodotta dalla ditta, verificandone la congruità alla normativa vigente, al fine dell'individuazione di eventuali punti critici ed al conseguente suggerimento di misure tecnico-organizzativo-procedurali da adottare e di eventuali azioni correttive da intraprendere.

## SUMMARY

With the *Protocol of Intent signed in Catania on may 2008*, INAIL, APINDUSTRIE and ENFORM expressed their *intention to improve* health and safety at work by increasing health and safety responsibilities of employers and workers. In the present *paper* we describe our experience of the “Sportello Prevenzionale”, an initiative addressed to small and medium-sized enterprises, members of APINDUSTRIE. The purpose of this initiative is to provide advice to companies and increase employers awareness of issues of health and safety in their working reality, creating a climate of collaboration between business and public administration. During the “Sportello” the employer, the members of CONTARP and other representatives of INAIL and APINDUSTRIE exchange information about *work cycle*, working conditions, health and safety rules, etc. Members of CONTARP help the employers to plan and implement preventive strategies in their workplaces; they also describe the documentation requirements for occupational injuries and illnesses, medical surveillance, exposure monitoring, and other activities relevant to occupational safety and health.

## 1. PRESENTAZIONE DELL'INIZIATIVA

L'attività di consulenza alle aziende realizzata presso la Sede INAIL di Catania si è sviluppata nell'ambito di un Protocollo d'Intesa firmato nel maggio del 2008 da INAIL – Sede di Catania, APINDUSTRIE ed ENFORM. Nel Protocollo i firmatari si impegnavano nel collaborare al fine di diffondere la conoscenza del fenomeno infortunistico e delle malattie professionali (M.P.), realizzare interventi di informazione e formazione, redigere opuscoli informativi, creare una pagina web condivisa, promuovere azioni di studio, ricerca e consulenza sui temi della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro.

Nell'ambito delle attività preliminari di programmazione delle iniziative da attuare, si è realizzata una riunione di costituzione del “Gruppo di Lavoro”, alla quale hanno preso parte rappresentanze dell'INAIL, dell'APINDUSTRIE, dell'ENFORM e di uno studio privato di Consulenza Tecnica, in

ausilio ad APINDUSTRIE. Durante tale incontro si è convenuto sul fatto che le aziende associate ad APINDUSTRIE potessero trarre vantaggio da un servizio consulenziale, qualificato, destinato a:

- a) “fotografare” lo stato dell’arte circa l’attuazione delle disposizioni di legge in materia di igiene e sicurezza aziendale;
- b) rilevare eventuali carenze nel sistema aziendale;
- c) prospettare possibili soluzioni, anche nell’ottica di un miglioramento continuo degli standard prevenzionali.

Da un punto di vista operativo si è stabilito concordemente che la consulenza alle aziende si sarebbe realizzata nell’ambito di incontri o “Sportelli Prevenzionali” cadenzati con frequenza quindicinale, da realizzare presso la Sede INAIL di Catania a vantaggio delle aziende associate ad APINDUSTRIE che avessero deciso, volontariamente, di fruire del servizio stesso; a tali Sportelli avrebbero partecipato, oltre al titolare dell’impresa, un rappresentante di APINDUSTRIE, il Responsabile del Processo Prevenzione e Sicurezza della Sede INAIL di Catania ed uno o più professionisti CONTARP.

Tale impostazione, che escludeva esplicitamente l’accesso in azienda da parte dei funzionari o professionisti INAIL e fondava il processo conoscitivo e di analisi del rischio sulla base della sola documentazione prodotta dalla parte datoriale, era sembrata la migliore possibile per vincere le residue resistenze e diffidenze dei Datori di Lavoro sulle “visite” nei propri luoghi produttivi da parte di pubblici dipendenti. Peraltro, la consapevolezza di tale criticità derivava dagli esiti negativi di un’analoga iniziativa, condotta su altra provincia siciliana, che aveva visto alcuni datori di lavoro recedere dal prosieguo delle attività conseguentemente al primo accesso in azienda da parte dei professionisti CONTARP.

L’offerta consulenziale è, quindi, consistita in:

- a) analisi preliminare delle informazioni di base fornite dall’azienda per il tramite di APINDUSTRIE, relative a ragione sociale ed attività produttiva, al fine di dedurre la classificazione a tariffa e ricavare dalle banche dati INAIL l’andamento infortunistico;
- b) analisi della documentazione tecnica in possesso delle aziende, nell’ambito dello “Sportello Prevenzionale”, per verificarne, in relazione all’attività produttiva, la presenza e la corrispondenza dei contenuti ai relativi obblighi delineati dalla normativa vigente;
- c) analisi dell’andamento infortunistico attraverso i dati INAIL ed il Registro degli Infortuni;
- d) informazioni sui benefici economici INAIL ai fini prevenzionali (artt. 20 e 24 M.A.T. del D.M. 12/12/2000);
- e) fornitura, a richiesta, di opuscoli, pubblicazioni, materiale informativo sui sistemi di prevenzione e sicurezza per lo specifico comparto produttivo.

## **2. ASPETTI ORGANIZZATIVI, PROBLEMATICHE E RISULTATI**

Operativamente, APINDUSTRIE si sarebbe fatta carico di diffondere l’iniziativa ai propri associati perché questi dessero adesione volontaria allo “Sportello Prevenzionale”; quindi, attraverso contatti con il Responsabile del Processo Prevenzione e Sicurezza della Sede INAIL di Catania, sarebbe stata confermata la data nella quale realizzare l’incontro.

Nella Tabella 1 sono riportati i dettagli del processo in relazione a “Fase di lavoro”, “Attuatore” e “Fruitore”.

Tabella 1: Fasi di attività e soggetti coinvolti per la realizzazione dello “Sportello Prevenzionale”

<b>Fase di lavoro</b>	<b>Attuatore</b>	<b>Fruitore</b>
Definizione delle modalità di erogazione dei servizi di consulenza	Gruppo di Lavoro	Sportello Prevenzionale
Definizione dei contenuti della nota divulgativa dell’iniziativa	Gruppo di Lavoro	Aziende associate APINDUSTRIE
Diffusione iniziativa	APINDUSTRIE	Aziende associate APINDUSTRIE
Raccolta adesioni	APINDUSTRIE	Responsabile Processo Prevenzione e Sicurezza Sede INAIL
Calendario incontri	Responsabile Processo Prevenzione e Sicurezza Sede INAIL	Sportello Prevenzionale
Realizzazione incontro	Sportello Prevenzionale	Titolare azienda
Stesura verbale	Responsabile Processo Prevenzione e Sicurezza Sede INAIL	Sportello Prevenzionale
Riunioni di verifica intermedie	Gruppo di Lavoro	Sportello Prevenzionale
Ridefinizione delle modalità di erogazione dei servizi di consulenza	Gruppo di Lavoro	Sportello Prevenzionale

Gli incontri per lo “Sportello Prevenzionale” sono stati realizzati presso la Sede INAIL di Catania, in orario pomeridiano, seguendo le fasi operative di seguito elencate:

- Presentazione dell’iniziativa;
- Presentazione dell’azienda;
- Esame della documentazione tecnica, con approfondimenti su aspetti per i quali emergessero criticità;
- Proposta di miglioramenti o adeguamenti per ciò che concerne gli aspetti documentali, quelli organizzativo/procedurali (Servizio di Prevenzione e Protezione, informazione e formazione, ecc.), quelli tecnici (ambienti di lavoro, attrezzature, macchine, Dispositivi di Protezione Individuale, ecc.) e la Sorveglianza Sanitaria.

E’ da precisare che i verbali, redatti a conclusione degli incontri, riportano elementi informativi quali: i convenuti, il nome e l’attività dell’azienda, i documenti esaminati, gli argomenti trattati e le criticità documentali emerse in relazione agli obblighi di legge. Va precisato che l’elencazione delle criticità sopra citate, che avrebbe rappresentato un potenziale notevole deterrente alla partecipazione all’iniziativa da parte del Datore di Lavoro, è stata resa nel verbale in forma sintetica, riportando la “categoria” della problematica stessa; per esempio, la carenza o l’assenza della descrizione della metodica utilizzata ai fini dell’individuazione delle fonti di pericolo, delle persone esposte e della valutazione del rischio è stata tradotta come “carenza metodologica sul processo di valutazione”.

Le riunioni di verifica intermedie, alla stregua di *audit* in un processo virtuoso di continuo miglioramento del servizio consulenziale, sono state finalizzate a:

- a) analisi di richieste specifiche pervenute al Gruppo di Lavoro dalle aziende associate ad APINDUSTRIE come, per esempio, la possibilità di far partecipare all’incontro il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP) aziendale;
- b) feedback da parte del cliente, fruitore del servizio consulenziale: si tratta delle “impressioni” sul livello di gradimento/utilità dello “Sportello Prevenzionale”, trasferite dai Datori di Lavoro ai referenti APINDUSTRIE;
- c) feedback da parte dei componenti il Gruppo di Lavoro con discussioni sul miglioramento del servizio di consulenza, verificando aspetti organizzativi (orari e durata dello “Sportello Prevenzionale”, acquisizione o meno della documentazione tecnica prima dell’incontro, ecc.) e tecnici (valutazione dell’opportunità di coinvolgimento di altre professionalità INAIL, ecc.).

Nel merito dei risultati specifici si segnala che dal 09/09/2008 al 25/11/2008 sono state gestite n. 4 aziende operanti nei seguenti comparti produttivi: n. 2 di trattamento acque, n. 1 metalmeccanica e n. 1 impiantistica elettrica. Nella riunione del Gruppo di Lavoro del 28/11/2008 si era stabilito il calendario dello “Sportello Prevenzionale” fino a giugno 2009. Si precisa, però, che a partire dal mese di dicembre del 2008 l’APINDUSTRIE non ha più trasmesso richieste da parte dei propri associati di ulteriori incontri presso lo “Sportello Prevenzionale”, non fornendo alcuna motivazione a riguardo.

Evidentemente, il numero delle aziende trattate non consente alcun tipo di elaborazione statistica in merito ai riscontri documentali ed alle relative soluzioni prospettate. Può essere, comunque, utile delineare il percorso intrapreso, le soluzioni adottate e quelle “in fieri” affinché l’esperienza fin qui accumulata non vada perduta e possa fornire una guida per coloro che intendano attivare tale servizio.

Nella generalità dei casi si è osservata:

1. l’inadeguatezza della procedura utilizzata per l’individuazione delle fonti di pericolo, dei lavoratori esposti e per la valutazione dei rischi; a proposito di tale ultimo e fondamentale aspetto, nella documentazione esaminata si è rilevata spesso una non idonea graduazione dei livelli di rischio individuati sulle postazioni di lavoro o sulle attrezzature di lavoro per cui il processo valutativo è risultato non sufficiente;
2. l’elusione nella trattazione e valutazione di importanti fonti di pericolo, soprattutto per la salute quali: sostanze chimiche, vibrazioni, movimentazione manuale dei carichi, ecc.;
3. la minor consapevolezza, da parte del Datore di Lavoro con consulente tecnico esterno, circa le reali condizioni di igiene e sicurezza del proprio personale, rispetto al Datore di Lavoro con RSPP interno o, comunque, con figura interna coinvolta nel processo di valutazione dei rischi.

L’accrescimento del livello di consapevolezza, da parte del Datore di Lavoro, circa l’esaurività del Documento di Valutazione dei Rischi (DVR), in relazione all’attività produttiva svolta, si è rivelato il risultato più importante della breve attività dello “Sportello Prevenzionale”; si è, infatti, ottenuto il risultato di promuovere, nel Datore di Lavoro, l’interesse nel verificare “sul campo” i contenuti del Documento di Valutazione dei Rischi e la congruità fra questi e il *corpus* normativo in materia di prevenzione nei luoghi di lavoro. Il DVR deve essere, quindi, inteso come strumento di gestione della salute e sicurezza aziendale e non, invece, come sterile adempimento formale ad obblighi di legge.

### **3. PROSPETTIVE DI PROSECUZIONE DELL’ATTIVITÀ**

L’iniziativa scaturita dal protocollo d’intesa tra INAIL, APINDUSTRIE ed ENFORM, stipulato nella Provincia di Catania, non ha avuto prosecuzione nel corso dei primi mesi del 2009, nonostante la disponibilità da parte dell’INAIL. Sicuramente il coinvolgimento delle associazioni di categoria aiuta a superare l’iniziale diffidenza delle imprese ad interagire con figure professionali appartenenti ad Enti Pubblici; tuttavia, l’esperienza fin qui maturata dagli scriventi, anche in riferimento ad altre analoghe iniziative intraprese in passato, suggerisce di prendere in considerazione anche altre modalità di coinvolgimento delle aziende. Si potrebbe, ad esempio, considerare la possibilità di rilanciare l’attività fin qui svolta organizzando eventi divulgativi sul ruolo consulenziale che il D.Lgs. 81/2008 ha attribuito all’INAIL nei riguardi delle medie, piccole e micro imprese e pubblicizzare ulteriormente lo “Sportello Prevenzionale”. Nell’eventualità di nuove adesioni da parte delle aziende associate ad APINDUSTRIE si potrebbe realizzare uno schema come quello proposto nella Tabella 2, quale strumento di lavoro al fine di catalogare in modo sistematico gli argomenti affrontati, le problematiche emerse e le proposte di miglioramento.

Tabella 2: Esempio di report da utilizzare nell’ambito delle attività dello “Sportello Prevenzionale”

Denominazione o ragione sociale dell’azienda			
Comparto produttivo			
Argomenti	Presente	Sufficiente	Note ed indicazioni per il miglioramento
Ciclo e procedure di lavoro			
Organizzazione del Sistema Prevenzione e Protezione			
Valutazione dei Rischi			
Misure di contenimento e DPI			
Informazione/Formazione			
Sorveglianza Sanitaria			
Piano di Emergenza			
Certificazioni ed altra documentazione obbligatoria			

Per meglio verificare l’efficacia dell’iniziativa, si potrebbe, inoltre, predisporre un questionario di gradimento, da compilare a cura delle aziende, così come riportato, ad esempio, nella Tabella 3

Tabella 3: Esempio di questionario di gradimento da sottoporre alle aziende

Denominazione e ragione sociale dell’azienda:	
Come è venuto a conoscenza dell’iniziativa dello “Sportello Prevenzionale”?	APINDUSTRIE <input type="checkbox"/> INAIL <input type="checkbox"/> Internet <input type="checkbox"/> Stampa <input type="checkbox"/> Colleghi <input type="checkbox"/> Altro <input type="checkbox"/> .....(specificare)
Quali figure professionali di parte datoriale ritiene che sia utile coinvolgere nell’attività dello “Sportello Prevenzione” oltre al Datore di Lavoro?	RSPP <input type="checkbox"/> RLS <input type="checkbox"/> Responsabile Tecnico <input type="checkbox"/> Consulente <input type="checkbox"/> Altro <input type="checkbox"/> .....(specificare)
Nel corso del colloquio avuto in occasione dello “Sportello Prevenzionale” i suoi interlocutori istituzionali (INAIL) sono riusciti ad instaurare un clima sereno, mettendola a proprio agio e facendole superare eventuali diffidenze o remore iniziali?	SÌ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Eventuali suggerimenti .....
Il tempo messo a disposizione per l’esame della documentazione da Lei presentata è stato, a suo parere, congruo?	SÌ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Eventuali suggerimenti.....
L’approccio metodologico utilizzato nel corso dello “Sportello Prevenzionale” per l’esame della Documentazione Le è sembrato efficace?	SÌ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Eventuali suggerimenti.....
Le soluzioni prospettate per eventuali inadeguatezze e/o carenze riscontrate dall’esame documentale effettuato durante lo “Sportello Prevenzionale” Le sono sembrate congrue ed attuabili nella sua realtà aziendale?	SÌ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Eventuali suggerimenti.....
L’incontro avuto è stato all’altezza delle sue aspettative?	SÌ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Eventuali suggerimenti.....
Ritiene che l’attività consulenziale realizzata dall’INAIL in collaborazione con APINDUSTRIE sia in grado di rilevare eventuali carenze nel sistema aziendale e possa essere un utile ed efficace supporto alle Sue esigenze in termini di igiene e sicurezza sul lavoro?	SÌ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Eventuali suggerimenti.....
Quali suggerimenti pensa di poter dare per migliorare l’efficacia dello “Sportello Prevenzionale”?	..... .....

Nel caso in cui, invece, non pervenissero più adesioni delle aziende per le attività previste dallo “Sportello Prevenzionale”, in alternativa alla intermediazione da parte di Associazioni di Categoria, si potrebbe ipotizzare un “contatto” diretto tra INAIL ed imprese, scelte, per esempio, nell’ambito di uno specifico comparto caratterizzato da un elevato indice infortunistico o con particolari rischi. L’INAIL potrebbe offrire la propria consulenza in materia di salute e sicurezza negli ambienti di lavoro, alle aziende che abbiano manifestato la propria disponibilità, inizialmente mediante incontri presso le Sedi e, successivamente, per casi di particolare interesse, mediante sopralluoghi nelle unità produttive.

### **RINGRAZIAMENTI**

Si ringrazia il Dott. Mario Pugliese, Responsabile del Processo di Prevenzione e Sicurezza della Sede INAIL di Catania, per la collaborazione prestata e per la documentazione fornita.

### **BIBLIOGRAFIA**

**Decreto Ministeriale 12/12/2000:** Nuove tariffe dei premi per l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali delle gestioni: industria, artigianato, terziario, altre attività, e relative modalità di applicazione, in G. U. n. 17 del 22/01/2001, Suppl.Ord..

**Decreto Legislativo 09/04/2008, n. 81:** Attuazione dell’art. 1 della legge 3 agosto 2007 n. 123, in materia di tutela della salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, in G. U. n. n. 101 del 30/04/2008, Suppl. Ord. n. 108.

# L'EQUAZIONE DI CONTINUITÀ PER LE MICROPARTICELLE APPLICATA ALL'INTERNO DI UN ORGANISMO IN UN CAMPO DI MICROPARTICELLE

G. GIANNETTINO, D. BELLOMO

INAIL - Direzione Regionale Sicilia – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## RIASSUNTO

Il campo è la semplificazione di un luogo comune dove si trova un organismo vivente il quale è soggetto a flussi di microparticelle da varie sorgenti presenti nel campo. Le microparticelle possono essere elettriche e neutre. La valutazione dei flussi all'interno dell'organismo è regolata dall'equazione di continuità. Dalla valutazione dell'equazione di continuità, in cui sono resi evidenti i termini delle quantità perdute, assorbite, diffuse, fissionate si deducono importanti conclusioni per la prevenzione e le malattie professionali.

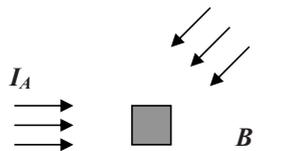
## SUMMARY

The field is the simplification of a common place where a living organism finds itself which is subject to microparticle flows from several present sources in the field. The microparticles can be electric and neutral. The appraisal of the flows inside of the organism is regulated by the continuity equation. From the appraisal of the continuity equation, in which the terms are expressed evident of the amounts lost, absorbed, diffused, fissioning important conclusions for the prevention and the occupational diseases are deduced.

## 1. QUANTITÀ INTERAGENTI E FLUSSO DI MICROPARTICELLE

Consideriamo un organismo vivente posto all'interno di un campo di flussi collimati di microparticelle monoenergetiche, cioè con microparticelle dello stesso tipo che abbiano tutte la stessa velocità  $v$ . La quantità interagente, all'interno di un organismo B sottile, di un fascio di microparticelle monoenergetiche con intensità  $I$  è uguale a  $I\Sigma_{timz}$  (interazioni per  $\text{cm}^3/\text{s}$ ), dove  $\Sigma_{timz}$  è la sezione totale macroscopica attraversata dall' $i$ -esimo tipo di microparticella nell'elemento chimico  $m$  nell'isotopo  $z$  per i vari elementi che compongono la materia vivente (idrogeno, ossigeno, carbonio, calcio, ecc.), interagenti con il flusso di microparticelle.  $\Sigma_{timz}$  è in questo caso costante. Esaminiamo la situazione in Figura 1, dove un piccolo bersaglio è esposto simultaneamente ai raggi d'intensità  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ , ecc.

$I_B$



$I_C$

Figura 1 - Un piccolo bersaglio esposto a fasci di microparticelle

L'interazione delle microparticelle è indipendente dall'angolo con cui l'organismo B è colpito in tutte le posizioni e la quantità interagente totale per i flussi di particelle dello stesso tipo per

l'organismo è:  $(I_A + I_B + I_C + \dots) \Sigma_{imz}$  (interazioni per  $\text{cm}^3/\text{s}$ ). Naturalmente nel caso generale i vari fasci incidenti possono provenire da tutte le direzioni.

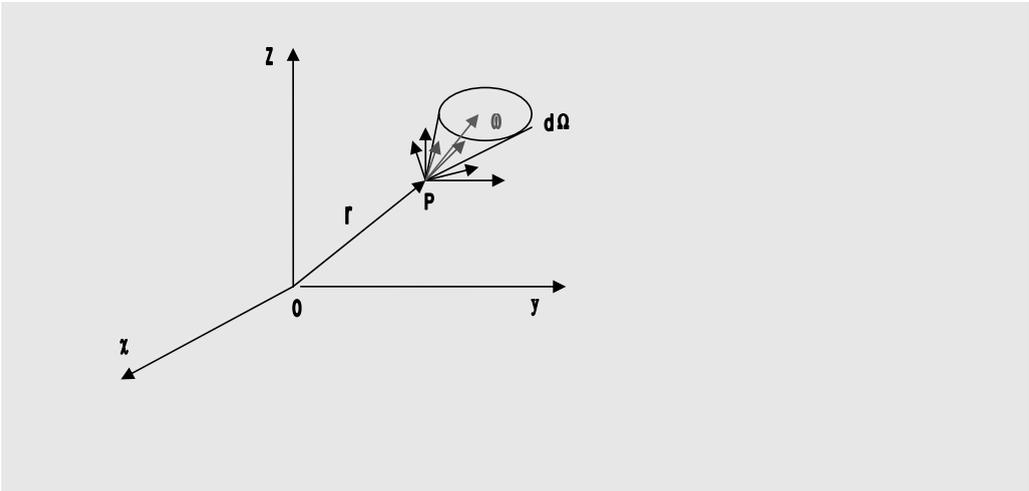
La quantità interagente (densità di collisione intesa come la quantità che interagisce) può trovarsi introducendo la funzione  $n(r,\omega)$ , detta funzione densità di distribuzione delle microparticelle. Questa funzione è definita da  $n(r,\omega)d\Omega$  ed esprime il numero di microparticelle per  $\text{cm}^3$  nel punto P distante r da un riferimento cartesiano di origine O con velocità vettoriale disposta all'interno dell'angolo solido differenziale  $d\Omega$ , intorno alla direzione di  $\omega$ , come indicato in Figura 2.

Il numero totale interagente dell'i-esimo tipo di microparticelle per  $\text{cm}^3$ , nel punto distante r,  $n_i(r)$  è dato da:

$$n_i(r) = \int_{4\pi} n_i(r, \omega) d\Omega \tag{1}$$

dove il  $4\pi$  significa che l'integrale è calcolato sull'intero angolo solido per tenere conto di tutte le direzioni possibili di moto dell'i-esimo tipo di microparticelle.

L'intensità di un fascio dell'i-esimo tipo di microparticelle monoenergetiche è uguale alla densità delle microparticelle nel fascio moltiplicato per la loro velocità. L'i-esimo tipo di microparticelle che si muove dentro l'angolo solido  $d\Omega$ , secondo  $\omega$  produce un'intensità



**Figura 2 – Moti delle particelle vicino al punto P**

$$dI_i(r,\omega) = n_i(r,\omega) v_i d\Omega \tag{2}$$

dove  $v_i$  è la velocità. Il numero d'interazioni accadute, per le i-esime microparticelle con l'isotopo z dell'elemento chimico m, è

$$dF_i(r,\omega) = \Sigma_{imz} dI_i(r,\omega) \tag{3}$$

l'interazione totale nel punto P per i fasci monoenergetici dell'i-esimo tipo di particelle è:

$$F_i(r) = \int_{4\pi} dF_i(r,\omega) = \int_{4\pi} \Sigma_{imz} dI_i(r,\omega) = \Sigma_{imz} \int_{4\pi} dI_i(r,\omega) = \Sigma_{imz} \int_{4\pi} n_i(r,\omega) v_i d\Omega \tag{4}$$

Poiché  $v_i$  è costante, può essere messo in evidenza nell'integrale e l'eq. (4) diventa:

$$F_i(r) = \sum_{iimz} \int_{4\pi} n_i(r, \omega) v_i d\Omega = \sum_{ii} v_i \int_{4\pi} n_i(r, \omega) d\Omega = \sum_{iimz} v_i n_i(r) \quad (5)$$

Ricordando che il flusso dell'i-esimo tipo di microparticelle nel moto uniforme è indicato da  $\Phi_i(r)$ :

$$\Phi_i(r) = v_i n_i(r) \quad (6)$$

sostituendo l'eq. (6) nella eq. (5), la quantità interagente dell'i-esimo tipo di particelle  $F_i(r)$  è:

$$F_i(r) = \sum_{iimz} v_i n_i(r) = \sum_{iimz} \Phi_i(r) \quad (7)$$

Il risultato ottenuto per le microparticelle monoenergetiche può essere generalizzato per quelle non monoenergetiche. Per generalizzare si può considerare la distribuzione di energia delle microparticelle nella funzione della densità di distribuzione delle microparticelle. Pertanto, la  $n_i(r, E, \omega)$  è definita nel seguente modo:  $n_i(r, E, \omega) dE d\Omega$  ed è uguale al numero dell'i-esimo tipo di microparticelle per  $\text{cm}^3$  aventi una energia compresa tra  $E$  ed  $E+dE$ , che si muovono entro un angolo solido  $d\Omega$  in direzione  $\omega$ . Il numero totale dell'i-esimo tipo di microparticelle per  $\text{cm}^3$  con energia compresa tra  $E$  ed  $E + dE$  è:

$$n_i(r, E) dE = \int_{4\pi} n_i(r, E, \omega) d\Omega dE \quad (8)$$

e la densità totale dell'i-esimo tipo di microparticelle è:

$$n_i(r) = \int_0^{\infty} \int_{4\pi} n_i(r, E, \omega) d\Omega dE = \int_0^{\infty} n_i(r, E) dE \quad (9)$$

I limiti nell'integrale 0 e  $\infty$  indicano che l'integrazione è calcolata per tutte le energie dell'i-esimo tipo di microparticelle.  $F_i(r, E)dE$  è il numero di interazioni accadute per  $\text{cm}^3/\text{sec}$  nell'intervallo d'energia  $dE$ . La funzione  $F_i(r, E)$  è chiaramente il numero d'interazioni per unità d'energia. Dall'eq. (5):

$$F_i(r, E) = \sum_{iimz} (E) n_i(r, E) v_i(E) \quad (10)$$

dove la dipendenza dall'energia è stata scritta esplicitamente per ogni termine. La quantità  $n_i(r, E) v_i(E)$  è il flusso dipendente dall'energia o il flusso per unità d'energia ed è indicato da  $\Phi_i(r, E)$ , pertanto:

$$\Phi_i(r, E) = n_i(r, E) v_i(E). \quad (11)$$

Il numero d'interazioni per unità d'energia in  $r$  è dato da:

$$F_i(r, E) = \sum_{iimz} (E) \Phi_i(r, E) \quad (12)$$

Ed il numero totale d'interazioni in  $r$  è:

$$F_i(r) = \int_0^{\infty} \sum_{iimz} (E) \Phi_i(r, E) dE \quad (13)$$

Con  $\Phi_i(r, E)$  conosciuta in tutto il campo, la quantità interagente totale in ogni punto può calcolarsi con la (13). Il numero d'interazioni per ogni particolare fenomeno può così calcolarsi nel punto  $R$ :

- il numero di interazioni con diffusione

$$F_{si}(r) = \int_0^{\infty} \sum_{simz} (E) \Phi_i(r,E) dE \quad (14)$$

- il numero d'interazioni con assorbimento

$$F_{ai}(r) = \int_0^{\infty} \sum_{aimz} (E) \Phi_i(r,E) dE \quad (15)$$

E così via. Le unità del flusso delle microparticelle sono: microparticelle  $\text{cm}^3 / \text{s}$ .

## 2. DENSITÀ DI CORRENTE DELLE MICROPARTICELLE

Il flusso netto delle microparticelle nel campo è descritto dal vettore  $\mathbf{J}$  ed è chiamato densità vettoriale di corrente di microparticelle. I moti delle microparticelle in ogni punto del campo sono la sovrapposizione di un infinito numero di differenti raggi di microparticelle, ciascuno avente una intensità  $d\mathbf{I}_i(r,E,\omega)$ , data analogamente all'eq. (2). La densità vettoriale di corrente delle microparticelle è ottenuta con un vettore d'intensità  $d\mathbf{I}_i(r,E,\omega)$ , diretto nella direzione di  $\omega$ , che è la direzione del moto delle microparticelle lungo questi raggi con energia compresa tra  $E$  ed  $E + dE$ . Può scriversi, semplicemente, sostituendo a  $v_i(E)$  similmente come nella eq. (2) il vettore  $\mathbf{v}_i(\mathbf{E})$ :

$$d\mathbf{I}_i(r,E,\omega) = n_i(r,E,\omega) \mathbf{v}_i(\mathbf{E}) d\Omega dE. \quad (16)$$

Il vettore  $\mathbf{J}_i$  nel punto P di fig. 2 è definito come l'integrale doppio di  $d\mathbf{I}_i(r,E,\omega)$ , su tutto l'angolo solido:

$$\mathbf{J}_i = \int_0^{\infty} \int_{4\pi} n_i(r,E, \omega) \mathbf{v}_i(\mathbf{E}) d\Omega dE. \quad (17)$$

Il significato fisico di  $\mathbf{J}_i$  può essere chiarito considerando uno dei suoi componenti. Consideriamo ad esempio il componente x di  $\mathbf{J}_i$ , che è  $J_{ix}$ . Per la (17), la componente  $J_{ix}$  è:

$$J_{ix} = \int_0^{\infty} \int_{4\pi} n_i(r,E, \omega) v_i(E) \cos \theta_{ix} d\Omega dE \quad (18)$$

dove  $\theta_{ix}$  è l'angolo tra  $v_i(E)$  e l'asse x. Rispetto al sistema di riferimento disegnato in Figura 1 la quantità  $v_i(E) \cos \theta_{ix}$  applicata all'aria unitaria attraversata è uguale al volume di un cilindro, inclinato di un angolo  $\theta_{ix}$ , di lunghezza  $v_i$  avente l'area unitaria sul piano yz. Chiaramente, tutte le microparticelle in questo volume hanno velocità all'interno dell'angolo solido  $d\Omega$  di  $v_i(E)$ , cioè  $n_i(r,E,\omega) v_i(E) \cos \theta_{ix} d\Omega$  microparticelle attraversano l'unità di area per secondo, per quel particolare valore di  $dE$ , perpendicolarmente all'asse x. L'integrazione elimina le microparticelle che tornano indietro. Il  $\cos \theta_{ix}$  è positivo per le microparticelle che si muovono da sinistra a destra e negativo al contrario. Il flusso netto delle microparticelle  $J_{ix}$  è positivo per le microparticelle che vanno da sinistra a destra, invece se  $J_{ix}$  è negativo il flusso netto si muove al contrario. Le conclusioni per l'asse x possono essere estese per ogni direzione, per ogni componente di  $\mathbf{J}_i$ . Di conseguenza, la componente di  $\mathbf{J}_i$  nella direzione del versore di  $\mathbf{n}$ , data dal prodotto scalare  $J_{in} = \mathbf{J}_i \cdot \mathbf{n}$  è uguale all'intensità del flusso netto delle microparticelle che transitano attraverso un'area unitaria normale ad  $\mathbf{n}$ .

## 3. L'EQUAZIONE DI CONTINUITÀ

Consideriamo un volume arbitrario V di un organismo. Durante il flusso di microparticelle indirettamente ionizzanti, alcune di queste possono interagire con i nuclei dell'organismo rimbalzando oppure possono essere assorbite (cattura radiativa) o fissionare. I frammenti prodotti dalle fissioni possono causare l'effetto Compton, l'effetto fotoelettrico, creazioni di coppie, la diffusione coerente, decadimento  $\gamma$ , raggi  $\beta$ , raggi  $\chi$  mentre le particelle dei flussi indirettamente ionizzanti che non hanno interagito lasciano il volume imperturbate. Le microparticelle direttamente

ionizzanti, i fasci di radiazioni  $\gamma$  ed  $\chi$  produrranno con le loro interazioni l'effetto Compton, l'effetto fotoelettrico, raggi x, creazioni di coppie, la diffusione coerente, mentre le particelle dei flussi direttamente ionizzanti che non hanno interagito e così anche i fasci di radiazioni  $\gamma$  ed  $\chi$  che non hanno interagito o che non sono stati completamente assorbiti abbandoneranno il volume. Alle microparticelle del flusso all'interno del volume si aggiungeranno altre microparticelle emesse dalle sorgenti esistenti e prodotte in V.

Per ogni evento delle microparticelle dentro questo volume si soddisfa la seguente equazione, che chiameremo "l'equazione di continuità".

Essa afferma: "L'incremento nel tempo del numero di microparticelle e fotoni dentro il volume V, anche diffuse e diffusi, per effetto delle sorgenti esistenti e prodotte (prodotti di fissione, elettroni, raggi  $\beta$ , raggi  $\gamma$ , raggi  $\chi$ ) e dei flussi delle microparticelle deve eguagliare la quantità del flusso entrante delle microparticelle e fotoni in V, aumentato dal numero di microparticelle e di fotoni prodotti dalle sorgenti in V per gli effetti Compton, fotoelettrico, creazioni di coppie, fissione, cattura radiativa, diffusione coerente, diminuito della quantità delle microparticelle nel volume V del flusso uscente e delle quantità di microparticelle assorbite o diffuse che causano: l'effetto Compton, l'effetto fotoelettrico, la creazione di coppie, la fissione, la cattura radiativa, la diffusione coerente, i fotoni."

Se  $n_i(r,t)$  è la densità delle microparticelle nel volume V al tempo t, il numero totale delle microparticelle in V è semplicemente:  $\int_V n_i(r,t) dv$ . La condizione di continuità può essere scritta come:

$$d/dt \int_V n_i(r,t) dv = \text{quantità entrante} + \text{quantità prodotta} - \text{quantità causante effetto fotoelettrico} - \text{quantità causante l'effetto Compton} - \text{quantità causante la creazione di coppie} - \text{quantità causante la cattura radiativa} - \text{quantità causante la diffusione coerente} - \text{quantità causante la fissione} - \text{quantità perduta} \quad (19)$$

La quantità entrante è il numero delle microparticelle entrante nel volume V. E' data dal valore del flusso di microparticelle i attraversanti l'area A delimitante il volume V. Considerata un'area unitaria dA di versore  $\mathbf{n}$  lungo r, se  $\mathbf{n}$  è un versore diretto verso l'esterno della superficie dA, delimitante una porzione di V,  $\mathbf{J}_{Ii}(r,t) \times \mathbf{n} dA$  è la quantità netta, del flusso di microparticelle esterno che attraversa dA. La quantità totale di microparticelle che attraversa la superficie interna è:

$$\text{quantità entrante} = \int_A \mathbf{J}_{Ii}(r,t) \times \mathbf{n} dA \quad (20)$$

La produzione delle microparticelle per causa di tutti i fenomeni elencati può essere rappresentata per mezzo di una funzione di distribuzione  $s(r,t)$  della sorgente che è uguale al numero di microparticelle emesse per  $\text{cm}^3/\text{s}$  in un punto P distante r in V al tempo t. La quantità totale di produzione di microparticelle in tutto V è perciò:

$$\text{quantità prodotta} = \int_V s(r,t) dv \quad (21)$$

La quantità di microparticelle in V assorbita causante i fenomeni elencati può essere scritta in funzione del flusso di particelle:

$$\text{quantità assorbita} = \int_0^\infty \int_V (\Sigma_{imz} \text{ creazione di coppie}(r,E) + \Sigma_{imz} \text{ cattura radiativa}(r,E) + \Sigma_{imz} \text{ fissioni}(r,E))$$

$$\Phi_i(r,E) dv dE \quad (22)$$

tenendo anche conto delle variazioni della sezione d'assorbimento per effetto dell'energia delle microparticelle incidenti in V.

La quantità di microparticelle in V diffusa causante i fenomeni elencati può essere scritta in funzione del flusso di particelle:

$$\begin{aligned} \text{quantità diffusa} = & \int_0^{\infty} \int_V (\Sigma_{\text{imz Compton}}(r,E) + \Sigma_{\text{imz effetto fotoelettrico}}(r,E) + \Sigma_{\text{imz raggi } \gamma}(r,E) + \\ & + \Sigma_{\text{imz raggi } \beta}(r,E)) \Phi_i(r,E) dv dE \end{aligned} \quad (23)$$

La perdita di microparticelle in V può essere definita in funzione del flusso vettoriale della densità delle microparticelle. Così  $\mathbf{J}_i(r,t) \times \mathbf{n}$  è uguale al valore del flusso di microparticelle attraverso l'area unitaria normale al versore  $\mathbf{n}$  lungo r in seguito al fenomeno causato dalle microparticelle i. Se  $\mathbf{n}$  è un versore diretto verso l'esterno della superficie A, delimitante V, allora  $\mathbf{J}_{2i}(r,t) \times \mathbf{n} dA$  è la quantità netta, del flusso di microparticelle esterno che attraversa dA. La quantità totale di microparticelle che attraversa la superficie interna è allora:

$$\text{quantità perduta} = \int_A \mathbf{J}_{2i}(r,t) \times \mathbf{n} dA \quad (24)$$

Ponendo:

$$\Sigma_{\text{aimz}}(r,E) = \Sigma_{\text{imz creazione di coppie}}(r,E) + \Sigma_{\text{imz cattura radiativa}}(r,E) + \Sigma_{\text{imz fissioni}}(r,E) \quad (25)$$

$$\Sigma_{\text{simz}}(E) = \Sigma_{\text{imz Compton}}(r,E) + \Sigma_{\text{imz effetto fotoelettrico}}(r,E) + \Sigma_{\text{imz raggi } \gamma}(r,E) + \Sigma_{\text{imz raggi } \beta}(r,E) \quad (26)$$

sostituendo nella (19) si ottiene:

$$\begin{aligned} d/dt \int_V n(r,t) dv = & \int_A \mathbf{J}_{1i}(r,t) \times \mathbf{n} dA + \int_V s(r,t) dv - \int_0^{\infty} \int_V \Sigma_{\text{aimz}}(r,E) \Phi_i(r,E) dv dE - \\ & \int_0^{\infty} \int_V \Sigma_{\text{simz}}(r,E) \Phi_i(r,E) dv dE - \int_A \mathbf{J}_{2i}(r,t) \times \mathbf{n} dA \end{aligned} \quad (27)$$

L'eq. (27) può essere posta in una forma più conveniente usando il teorema della divergenza, trasformando il termine integrato su una superficie ad un integrale di volume:

$$\int_A \mathbf{J}_{ki}(r,t) \times \mathbf{n} dA = \int_V \text{div} \mathbf{J}_{ki}(r,t) dv$$

con k=1,2, l'eq. (24) diventa:

$$\begin{aligned} d/dt \int_V n(r,t) dv = & \int_V \text{div} \mathbf{J}_{1i}(r,t) dv + \int_V s(r,t) dv - \int_0^{\infty} \int_V \Sigma_{\text{iamz}}(r,E) \Phi_i(r,E) dv dE \\ & - \int_0^{\infty} \int_V \Sigma_{\text{ismz}}(r,E) \Phi_i(r,E) dv dE - \int_V \text{div} \mathbf{J}_{2i}(r,t) dv \end{aligned} \quad (28)$$

Poiché tutti gli integrali integrano nello stesso volume, semplificando:

$$d/dt n(r,t) = \text{div} \mathbf{J}_{1i}(r,t) + s(r,t) - \int_0^{\infty} \Sigma_{\text{aimz}}(r) \Phi_i(r,E) dE - \int_0^{\infty} \Sigma_{\text{simz}}(r) \Phi_i(r,E) dE - \text{div} \mathbf{J}_{2i}(r,t) \quad (29)$$

Tenuto conto di tutte le i-esime microparticelle, interagenti con tutti gli elementi m-esimi e tutti i loro isotopi z-esimi si può scrivere in generale l'equazione di continuità applicata all'interno di un organismo in un campo di microparticelle:

$$d/dt n(r,t) = \sum_{i,m,z} [\text{div} \mathbf{J}_{1i}(r,t) + s(r,t) - \int_0^{\infty} \Sigma_{\text{aimz}}(r) \Phi_i(r,E) dE - \int_0^{\infty} \Sigma_{\text{simz}}(r) \Phi_i(r,E) dE - \text{div} \mathbf{J}_{2i}(r,t)] \quad (30)$$

Nelle eq.(22),(23),(28),(29),(30) sono nulli i termini corrispondenti ai fenomeni che non sono presenti nei singoli casi particolari. Dall'equazione di continuità si deduce che: alla sezione d'urto

totale macroscopica corrispondente:  $\Sigma_{aimz}(r,E) + \Sigma_{simz}(E)$  corrisponde quella microscopica totale  $\sigma_{aimz}(r,E) + \sigma_{simz}(E)$ .

Il coefficiente di attenuazione lineare  $\mu$  è dato da:

$$\mu = \rho N_A/M (\sigma_{aimz}(r,E) + \sigma_{simz}(E)) = \rho N_A/M (\sigma_{imz \text{ Compton}}(r,E) + \sigma_{imz \text{ effetto fotoelettrico}}(r,E) + \sigma_{imz \text{ raggi } \gamma}(r,E) + \sigma_{imz \text{ raggi } \beta}(r,E) + \sigma_{imz \text{ creazione di coppie}}(r,E) + \sigma_{imz \text{ cattura radiativa}}(r,E) + \sigma_{imz \text{ fissioni}}(r,E)) \quad (31)$$

il coefficiente di attenuazione massico è  $\mu/\rho$  ed è indipendente dall'assorbitore;

il coefficiente di trasferimento di energia massico all'organismo per particelle è:

$$\mu_{tr}/\rho = N_A/M (f_{compton} \sigma_{imz \text{ Compton}}(r,E) + f_{fotoelettrico} \sigma_{imz \text{ effetto fotoelettrico}}(r,E) + f_{raggi \gamma} \sigma_{imz \text{ raggi } \gamma}(r,E) + f_{raggi \beta} \sigma_{imz \text{ raggi } \beta}(r,E) + f_{coppie} \sigma_{imz \text{ creazione di coppie}}(r,E) + f_{cattura} \sigma_{imz \text{ cattura radiativa}}(r,E) + f_{fissioni} \sigma_{imz \text{ fissioni}}(r,E)) \quad (32)$$

dove con “ f “ si è indicata la media della frazione dell'energia della particella incidente che è trasferita in ciascun tipo di interazione;

il **coefficiente di assorbimento di energia massico** per le particelle indirettamente *ionizzanti* è dato da  $[\mu_{tr}/\rho] (1-g)$  dove g è la frazione di energia delle particelle perse.

**Se la sezione d'urto totale microscopica tende a zero la dose assorbita tende a zero**, infatti, i danni stocastici per le radiazioni, prodotti all'organismo sarebbero ridotti con il **coefficiente di assorbimento di energia massico che tende a zero**. **Quando** il coefficiente di trasferimento di energia massico ed il coefficiente di assorbimento di energia massico per le particelle indirettamente ionizzanti tendono a zero la quantità assorbita in tal caso è:

$$\text{quantità assorbita} = \int_0^{\infty} \int_V \Sigma_{imz \text{ creazione di coppie}}(r,E) \Phi_i(r,E) dv dE = 0 \quad (33)$$

mentre la quantità diffusa è:

$$\text{quantità diffusa} = \int_0^{\infty} \int_V (\Sigma_{imz \text{ Compton}}(r,E) + \Sigma_{imz \text{ effetto fotoelettrico}}(r,E) + \Sigma_{imz \text{ raggi } \gamma}(r,E) + \Sigma_{imz \text{ raggi } \beta}(r,E)) \Phi_i(r,E) dv dE = 0 \quad (34).$$

Tenendo conto del numero di particelle  $N_0$  che entrano nell'organismo, il numero di particelle che riescono ad uscire nuovamente è:

$$N = N_0 \exp(\mu_{tr}/\rho x) \quad (35)$$

Facendo tendere  $\mu_{tr}/\rho \rightarrow 0$  allora  $N = N_0$ , cioè il numero di particelle entranti, eguaglia quelle uscenti ed è, per fare un esempio, come un cristallo che esposto alla luce dei raggi solari li lascia passare imperturbati. In questo caso l'equazione di continuità per le microparticelle applicata all'interno di un organismo in un campo di microparticelle diventa

$$d/dt n(r,t) = \Sigma [\text{div } \mathbf{J}_{1i}(r,t) + s(r,t) - \text{div}_{i,m,z} \mathbf{J}_{2i}(r,t)] \quad (36)$$

Nel caso di un flusso di fotoni:

la quantità assorbita è:

$$\text{quantità assorbita} = \int_0^{\infty} \int_V \Sigma_{imz \text{ creazione di coppie}}(r,E) \Phi_i(r,E) dv dE \quad (37);$$

la quantità diffusa è:

$$\begin{aligned} \text{quantità diffusa} = & \int_0^{\infty} \int_V (\Sigma_{\text{imz Compton}}(r,E) + \Sigma_{\text{imz effetto fotoelettrico}}(r,E) + \Sigma_{\text{imz raggi } \gamma}(r,E) \\ & + \Sigma_{\text{imz raggi } \beta}(r,E)) \Phi_i(r,E) dv dE \end{aligned} \quad (38);$$

dove nella (35) e nella (36) si è tenuto conto della variazione della sezione d'assorbimento in funzione dell'energia. L'equazione di continuità resta la (30), tenendo conto della (37) e della (38).

Nel caso di un flusso di neutroni le quantità assorbita e diffusa sono:

$$\text{quantità assorbita} = \int_0^{\infty} \int_V \Sigma_{\text{imz creazione di coppie}}(r,E) \Phi_i(r,E) dv dE \quad (39)$$

e

$$\begin{aligned} \text{quantità diffusa} = & \int_0^{\infty} \int_V (\Sigma_{\text{imz Compton}}(r,E) + \Sigma_{\text{imz effetto fotoelettrico}}(r,E) + \Sigma_{\text{imz raggi } \gamma}(r,E) + \\ & + \Sigma_{\text{imz raggi } \beta}(r,E)) \Phi_i(r,E) dv dE \end{aligned} \quad (40)$$

Nel flusso neutronico l'effetto dei secondari carichi si ha dopo che si è verificata la fissione, quale conseguenza del decadimento dei frammenti di fissione e dei nuclei instabili ottenuti. Per diminuire dunque la dose bisogna ridurre le sezioni d'urto macroscopiche e microscopiche di fissione e di cattura radiativa. Questo vuol dire che la variazione di letargia deve essere la più bassa possibile. Assimilando, allora, l'organismo ad una massa acquosa si ricordano i seguenti valori riportati per la variazione della letargia in Tabella:

Tabella – Valori di letargia

Nucleo	Numero di massa	$\xi$
H	1	1,000
H <sub>2</sub> O		0,92
D	2	0,725
Be	9	0,209
C	12	0,158
O	16	0,12
Fe	56	0,0357
U	238	0,00838
D <sub>2</sub> O		0,509

dai quali si evince che, se invece della presenza dell'acqua, nell'organismo ci fosse il D<sub>2</sub>O, il rallentamento del neutrone richiederebbe un maggior numero di collisioni, e questo richiederebbe più tempo per il rallentamento del neutrone e quindi poiché le sezioni d'urto aumentano al diminuire della velocità del neutrone, per l'equazione di continuità applicata all'interno di un organismo, il minor rallentamento del neutrone accompagnato da un minore aumento delle sezioni d'urto comporta una maggiore probabilità che il neutrone possa uscire dall'organismo.

Anche un notevole miglioramento si avrebbe se le molecole organiche contenessero D anziché H.

#### 4. I RADIONUCLIDI PRESENTI NEL CAMPO

Nel campo possono essere presenti:

- radionuclidi trasportati da correnti d'aria, da correnti d'acqua e piogge che assorbiti da piante passano nella catena alimentare;

- radionuclidi che vengono inalati;
- flussi di microparticelle che interagiscono con l'organismo;
- sorgenti naturali ed artificiali che irradiano dall'esterno e dall'interno l'organismo.

Gli organismi hanno la capacità di assorbire elementi chimici come il calcio, il magnesio, il potassio, il ferro, il sodio, il cloro, lo iodio, il cesio, il cobalto, l'uranio, il torio, il radio, ...ecc, i quali in natura presentano tracce di radio isotopi e che, per effetto di opportuni e non voluti flussi di microparticelle, possono attivarsi. L'effetto del loro decadimento causa radiazioni  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , capaci di determinare una esposizione sempre più grave all'aumentare della loro attività. Detto fenomeno, a differenza delle sorgenti artificiali opportunamente preparate, non avviene all'interno di sorgenti incapsulate ma all'interno dell'organismo a diretto contatto, in tal caso peggiori sono gli effetti causati dai decadimenti  $\alpha$ ,  $\beta$ . L'attivazione può essere causata anche da sorgenti di neutroni che esauriscono il proprio flusso sulle superfici estrapolate all'esterno dell'impianto nucleare, da flussi di fasci di particelle collimate, da radiazione solare, da sorgenti elettriche e flussi elettrici.

Da dati di letteratura si evince che i valori di assorbimento di detti radioisotopi per gli infanti sono peggiori di quelli degli adulti. Di fondamentale importanza sono in tal caso i valori delle concentrazione dei radio nuclidi nel campo. Alla concentrazione dei radionuclidi in aria, acqua e terreno può farsi corrispondere una dose assorbita nell'organismo per contaminazione esterna ed interna. Alle dosi per particelle indirettamente ionizzanti si può far corrispondere il coefficiente di trasferimento di energia massica di un organismo, secondo l'equazione di continuità trovata,  $\mu_{tr} / \rho$ . Il coefficiente di trasferimento di energia massico lo possiamo immaginare pari alla somma di un coefficiente di assorbimento massico dovuto soltanto ai fenomeni fotoelettrico, Compton, diffusione coerente, creazione di coppie  $\mu_{tr}' / \rho$  e di un coefficiente di assorbimento massico dovuto ai fenomeni della cattura radiativa e fissione  $\mu_{tr}'' / \rho$ , pertanto:

$$\mu_{tr} / \rho = \mu_{tr}' / \rho + \mu_{tr}'' / \rho \quad (41)$$

Detta  $g'$  la frazione di energia trasferita ai secondari carichi per radiazione di frenamento, il coefficiente di assorbimento di energia massico causato dai fenomeni di effetto fotoelettrico, Compton, diffusione coerente, creazione di coppie  $\mu_{en}' / \rho$  è dato da:

$$\mu_{en}' / \rho = \mu_{tr}' / \rho (1 - g') \quad (42)$$

secondo quanto si evince dalla letteratura tecnica, mentre detto "g" la frazione di energia trasferita causata dalla cattura radiativa e dalle fissioni che si è sviluppata dentro l'organismo e che è stata dissipata nel campo, il coefficiente di assorbimento nell'organismo causato da questi due ultimi fenomeni  $\mu_{en}'' / \rho$  è:

$$\mu_{en}'' / \rho = \mu_{tr}'' / \rho (1 - g'') \quad (43)$$

pertanto

$$\mu_{en} / \rho = \mu_{en}' / \rho + \mu_{en}'' / \rho \quad (44)$$

All'energia impartita  $\epsilon$  può farsi corrispondere la dose assorbita

$$D = d\epsilon / dm \quad (45)$$

dove  $dm$  è la massa contenuta in  $V$ .

Detta dose è direttamente proporzionale alle varie sezioni d'urto totali microscopiche ed è quindi logico intuire che la dose si riduce se le sezioni d'urto diminuiscono. Pertanto, a due organismi con

due sezioni d'urto microscopiche diverse corrispondono dosi differenti. A tale intuizione corrisponde un modo di fare prevenzione, che non vuol dire rinuncia ai mezzi di protezione, e cioè, gli addetti continuano ad usare i loro equipaggiamenti ma sono più resistenti nell'ambiente operativo.

La dose assorbita dall'organismo per l'esposizione a particelle non direttamente ionizzanti kerma può essere calcolato nota la fluenza di energia  $\psi$  ed il coefficiente di trasferimento massico  $\mu_{tr}/\rho$ :

$$K = \Psi \mu_{tr} / \rho \quad (46)$$

Ricordando che la fluenza di energia  $\psi$  è data da

$$\Psi = (dN/dA) E = \Phi E \quad (47)$$

sostituendo nella (46) si ottiene:

$$K = \Phi [E (\mu_{tr} / \rho)] \quad (48)$$

dove il termine dentro parentesi quadra si chiama fattore di kerma. Dalla (48) ancora una volta si intuisce che per fare prevenzione occorre ridurre il fattore di kerma che si compone della energia con cui irradiano i punti sorgente e il coefficiente di trasferimento massico dell'organismo.

Alla luce di questa trattazione appare evidente che soggetti esposti alla stessa sorgente di radiazioni indirettamente ionizzanti con fattori di Kerma differenti avranno danni biologici disuguali, contrariamente a quanto evinto con un comune dosimetro che attribuendo a tutti la stessa dose, farebbe desumere per gli organismi esposti lo stesso danno. Per la stessa esposizione infatti un organismo con  $(\mu_{tr} / \rho) \rightarrow 0$  non avrebbe avuto nessun danno, mentre un altro organismo con  $(\mu_{tr} / \rho) \rightarrow \infty$  sarebbe in procinto di morte se non già deceduto. Questo significa che senza la conoscenza del fattore di Kerma non può essere valutata la probabilità di causa, proprio perché per la attendibilità della trattazione è necessario riferirsi ad una popolazione di soggetti aventi le stesse condizioni. Il calcolo dunque deve prendere in esame per i flussi di particelle indirettamente ionizzanti esplicitamente il valore del fattore di Kerma come una grandezza dalla quale desumere la gravità del caso.

## BIBLIOGRAFIA

**G. Barcellona, D. Bellomo, S. Casini, E. Davì, S. Di Chiara, G. Giannettino, G. Giaquinta, R. Li Causi, M. Montana, R. Sciarrino:** "Le microparticelle negli impianti diagnostici e curativi". Atti III Seminario di aggiornamento dei professionisti CONTARP, Napoli 24.26 Marzo 2004 pagg. 527 -534.

IAEA: Generic models for use in assessing the impact of discharges of radioactive substances to the environment; IAEA 2001

# IL MONITORAGGIO MICROBIOLOGICO NEGLI AMBIENTI DI LAVORO: CONFRONTI INTERLABORATORIO PER LA QUALITÀ DEL DATO

R. GIOVINAZZO<sup>1</sup>, S. BARCA<sup>2</sup>, P. CALABRESE<sup>3</sup>, L. CARADONNA<sup>4</sup>, U. CASELLI<sup>5</sup>, G. GIAQUINTA<sup>6</sup>, E. GUERRERA<sup>7</sup>, M. MAMELI<sup>8</sup>, G. MARENA<sup>9</sup>, T. MASTROMARTINO<sup>10</sup>, D. SARTO<sup>11</sup>, F. SUMMA<sup>12</sup>, M. VELTRONI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INAIL – Direzione Generale – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>INAIL – Direzione Regionale Lazio – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>3</sup>INAIL – Direzione Generale - Consulenza Statistico Attuariale

<sup>4</sup>INAIL – Direzione Regionale Puglia – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>5</sup>INAIL – Direzione Regionale Marche – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>6</sup>INAIL – Direzione Regionale Sicilia – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>7</sup>INAIL – Direzione Regionale Umbria – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>8</sup>INAIL – Direzione Regionale Toscana – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>9</sup>INAIL – Direzione Regionale Lombardia – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>10</sup>INAIL – Direzione Regionale Veneto – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>11</sup>INAIL – Direzione Regionale Liguria – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>12</sup>INAIL – Direzione Regionale Emilia Romagna – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## RIASSUNTO

La CONTARP ha standardizzato, al suo interno, circuiti interlaboratorio finalizzati al miglioramento della qualità della misura degli agenti biologici aerodispersi. Tale esperienza segue, in ordine temporale, l'armonizzazione dei protocolli di monitoraggio microbiologico ambientale ed ha consentito l'implementazione di una banca dati omogenea sui livelli di contaminazione microbiologica correlati alle attività di lavoro.

Il presente lavoro intende sintetizzare gli esiti dell'esperienza condotta, a quattro anni dal suo avvio.

## SUMMARY

In 2006 CONTARP established periodical interlaboratory net in order to improve the quality of bioaerosol measures at workplaces, after the standardization of sampling and analysis procedures. The implementation of a homogeneous database about work-related biocontamination was allowed by the comparability of data collected, during sampling campaigns by CONTARP biologists.

## 1. INTRODUZIONE

Il protocollo di monitoraggio ambientale adottato dalla CONTARP per la misura della contaminazione microbiologica dell'aria e delle superfici di lavoro, prevede l'utilizzo di campionatori d'aria ad impatto ortogonale e di piastre a contatto. Tali tecniche consentono di 'intrappolare' la flora microbica aerodispersa sulla superficie di piastre riempite di idoneo terreno di coltura. La valutazione dei livelli di biocontaminazione è resa possibile dal conteggio del numero di colonie visibili e numerabili cresciute sulla superficie del terreno - dopo opportuna incubazione in condizioni standard di laboratorio - ed è espressa in termini di Unità Formanti Colonie (UFC, batteriche o fungine) per m<sup>3</sup> di aria oppure cm<sup>2</sup> di superficie.

La composizione microbiologica dell'aria (bioaerosol) è caratterizzata da una notevole variabilità quali-quantitativa, che influisce sulla ripetibilità della sua misura. L'utilizzo di tecniche culturali introduce, inoltre, un ulteriore elemento di variabilità: infatti, le diverse situazioni di crescita microbica riscontrabili sulla superficie delle piastre, al termine dell'incubazione, possono introdurre un elemento di soggettività nel momento in cui l'operatore, che legge le piastre, deve esprimere il risultato della misura, sia quando il risultato è un dato numerico, sia quando si tratta di un dato

meramente qualitativo (ad es. crescita a patina), perché la terminologia da adottare deve essere univoca.

Nel 2006 la CONTARP ha progettato ed avviato, al suo interno, confronti interlaboratorio per il miglioramento della qualità del dato analitico. Obiettivo del confronto è la riduzione della variabilità della misura del bioaerosol, attraverso l'allineamento delle letture dei campioni microbiologici ai criteri e alla terminologia di espressione dei risultati definiti nelle Linee Guida INAIL sul monitoraggio microbiologico negli ambienti di lavoro (Edizioni INAIL, 2005; GIOVINAZZO *et al.*, 2007). Tale armonizzazione si è resa necessaria per assicurare, in ambito INAIL, la comparabilità dei dati analitici acquisiti nel corso degli studi di comparto condotti dalla CONTARP, finalizzati alla conoscenza del rischio biologico occupazionale.

I confronti interlaboratorio, che si ripetono con cadenza annuale, hanno comportato la preliminare messa a punto di una procedura operativa standard e l'individuazione dei requisiti dei campioni di prova da utilizzare.

Per evidenziare le componenti di variabilità della lettura, da sottoporre a controllo, e allineare tra loro le letture dei campioni, la Consulenza Statistico Attuariale (CSA) dell'INAIL ha fatto ricorso a modelli statistici di analisi multivariata, applicati ai risultati del circuito (GIOVINAZZO *et al.*, 2008).

L'armonizzazione dei protocolli di indagine ambientale e dei criteri di lettura dei campioni microbiologici, oltre che di espressione dei risultati, ha consentito l'implementazione di una banca dati INAIL omogenea sui livelli di contaminazione da agenti biologici correlati all'attività di lavoro, in fase di informatizzazione.

## 2. SCHEMA DEL CONFRONTO INTERLABORATORIO

Il circuito di intercalibrazione viene svolto presso il Laboratorio Centrale di Igiene Industriale della CONTARP, dove annualmente convergono i biologi dell'Istituto per la lettura dei campioni di prova. Non è possibile, infatti, disporre di campioni di riferimento stabili da far circolare tra i diversi laboratori dislocati sul territorio nazionale.

A ciascun laboratorio partecipante al circuito è attribuito un codice identificativo.

Presso il Laboratorio pilota sono predisposte, in totale, n. 36 piastre *agar* (campioni di prova), ottenute effettuando prelievi in triplo, nel medesimo ambiente di lavoro (stanza uso ufficio), secondo il protocollo di campionamento previsto dalle Linee Guida INAIL per la determinazione della carica batterica totale psicofila e di quella fungina sia aerodispersa che di superficie (lettura delle piastre dopo incubazione per 3 gg, rispettivamente, a 22 e a 25 °C).

I prelievi d'aria sono realizzati tramite campionatori d'aria SAS Super 100 e SAS Super 180 (*internationalpbi*), mentre quelli su superfici tramite applicatore RODAC-WEIGHT per piastre a contatto (*internationalpbi*).

Tutti i campionamenti sono condotti dal medesimo operatore.

Per ottenere, sulla superficie delle piastre, livelli di crescita microbica diversi e rappresentativi, i prelievi di aria sono effettuati aspirando volumi progressivamente crescenti.

Ogni singola piastra, identificata con codice univoco, è considerata un campione a se stante.

Al termine dell'incubazione, i partecipanti al circuito si alternano nella lettura dei campioni, in cieco e in parallelo, secondo i criteri delle Linee Guida, registrandone gli esiti su apposite schede.

Successivamente i dati sono sottoposti ad analisi statistica in modo da verificare sia il grado di omogeneità nell'acquisizione dei criteri espressi dalle Linee Guida, sia l'eventuale influenza di altri fattori.

## 3. ANALISI STATISTICA DEI DATI

L'analisi statistica iniziale era finalizzata ad accertare se le realtà operative in cui si sono svolti i circuiti interlaboratorio potevano o meno permettere di accettare l'ipotesi di omogeneità di condizioni nella rilevazione di ogni singola misura, per la ragionevole certezza di aver contenuto quanto più possibile errori di tipo sistematico nella misurazione del fenomeno, dovuti all'influenza

di fattori esogeni al fenomeno stesso, primo fra tutti il processo di acquisizione dei criteri espressi dalle Linee Guida da parte dei laboratori partecipanti al progetto. A tal fine, si ricorre spesso a tecniche di analisi multivariata, per evincere dai dati informazioni che non si palesano in via immediata e che, comunque, è difficile desumere dai consueti parametri descrittivi od anche da un approccio inferenziale univariato.

Nel primo circuito questa intenzione si è concretizzata in un approccio esplorativo di tipo classificativo che desse la misura della validità di questo tipo di analisi statistica rispetto alla specificità del monitoraggio microbiologico ed alle relative problematiche di intercalibrazione; con il secondo circuito, alla luce degli esiti e dei riscontri dell'esperienza precedente, il discorso è stato invece approfondito, procedendo anche ad un'analisi in dettaglio dei risultati classificativi. A tal fine, si è fatto riferimento ai modelli di *cluster analysis*: attraverso tale tecnica analitica, infatti, è possibile raggruppare le unità statistiche in modo da minimizzare la "lontananza logica" interna a ciascun gruppo e di massimizzare quella tra i gruppi. La "lontananza logica" viene quantificata per mezzo di misure di similarità, definite tra le unità statistiche. Nel caso specifico, avendo a che fare anche con variabili di tipo categoriale, è stato necessario implementare un modello di *cluster analysis 'two step'*, che misura la similarità di due osservazioni in base alla funzione di verosimiglianza, ossia che calcola la "distanza" tra due punti in termini di probabilità condizionata anziché tramite concetti più vicini alla nostra interpretazione cartesiana del termine distanza (ad es. distanza Euclidea). Le operazioni di *clustering* sono state ovviamente condotte separatamente a seconda del tipo di rilevazione (carica batterica piuttosto che fungina), del tipo di campionamento (di aria o da superficie) e, nel caso di campionamento di aria, a seconda del volume aspirato (da 100 a 500 litri). La fase di approfondimento è stata, invece, gestita ricorrendo al test z-score normalizzato<sup>1</sup>, per individuare la presenza di eventuali misurazioni anomale (*outliers*) e, quindi, implementando un modello lineare generalizzato di tipo ANCOVA. Tale modello permette, infatti, d'investigare il grado d'influenza di uno o più fattori sul fenomeno oggetto di studio, al netto degli effetti di una o più variabili (covariate) ad esso potenzialmente correlate.

L'esperienza del primo circuito ha avuto carattere esplorativo: essa era finalizzata a dar conto più di "se e come", piuttosto che di "se e quanto", si diversificassero tra loro le osservazioni. Avendo chiaro il fatto che i biologi partecipanti al circuito erano distinti in due gruppi ben identificabili a priori ('redattori' delle Linee Guida e 'neofiti'), si è voluta verificare la reale possibilità di calcolare ed utilizzare i consueti parametri statistici (media, varianza, coefficiente di variazione, etc.) senza incorrere nell'errore di utilizzare dati che non soddisfano le necessarie condizioni di omogeneità. Vi è stata, inoltre, la necessità di considerare un fattore di disturbo dovuto al fatto che, nei casi di formazione di patina sulla piastra-campione, il conteggio non può essere effettuato; pertanto, non era presente solo un problema di misura, ma anche uno d'incertezza rispetto alla possibilità di effettuarla. Infine, non poteva essere tralasciata l'evidenza dell'estrema variabilità tra le repliche – essendo stati condotti prelievi in triplo - e se questa fosse in relazione con l'ordine nel quale le repliche venivano effettuate.

<sup>1</sup>Il test *Z-score* consiste nel ricavare dei punteggi, mediante l'utilizzo di parametri medi ed indici di variabilità calcolati sulla distribuzione campionaria, da associare alle singole osservazione in modo da verificare se tali punteggi siano o meno in un intervallo di accettabilità.

Classicamente si ricorre alla seguente trasformazione:

$$z_i = \frac{\text{osservazione}_i - \text{media}}{\text{scarto tipo}}$$

ma è frequente il ricorso a parametri robusti quali la mediana e l'intervallo interquartile normalizzato, per cui il punteggio è calcolato nel modo seguente:

$$z_i = \frac{\text{osservazione}_i - \text{mediana}}{\text{intervallo interquartile normalizzato}}$$

In entrambi i casi l'osservazione è accettabile se il valore assoluto del punteggio è compreso tra 0 e 2, è dubbia se tale valore assoluto è tra 2 e 3, non accettabile quando è oltre 3. Il test utilizzato in questo ambito è quello che fa riferimento a parametri robusti.

In buona sostanza le operazioni di *clustering* sono state condotte con attenzione alle seguenti variabili: il conteggio, l'incertezza rispetto al conteggio (rilevazione o meno della formazione di patina), il gruppo di appartenenza a priori (redattori piuttosto che neofiti), l'ordine delle repliche.

Il risultato, a prescindere che si considerasse la carica batterica piuttosto che quella fungina od il campionamento da superficie piuttosto che di aria, è stato univoco, ossia ha decretato che la variabile "gruppo di appartenenza a priori" era fondamentale per la costituzione dei *cluster* e che la distanza tra questi era fortemente influenzata da se e come veniva rilevata l'incertezza (Figura 1).

Si sono, infatti, riscontrati problemi di allineamento tra i biologi sia in termini di quantificazione della misura (conteggi mediamente più bassi per i neofiti nel caso di colonie batteriche e mediamente più alti in relazione a colonie fungine), sia nella rilevazione della formazione di patina (spesso non rilevata dai neofiti, a fronte di una rilevazione unanime di tutti i redattori delle Linee Guida), sia nelle modalità di espressione dell'incertezza (come, ad esempio, la dichiarazione da parte dei neofiti di un conteggio associato alla dizione patina, quando le Linee Guida non lo prevedono, a fronte della presenza di quest'ultima). Questo solo dato, dando evidenza ad una sostanziale disomogeneità delle rilevazioni, avrebbe reso inconsistente la produzione di statistiche descrittive complessive ed assai difficile un'analisi che desse conto della significatività statistica delle distanze quantitative dei conteggi, in quanto i punti di disallineamento erano troppi rispetto al numero delle osservazioni.

L'analisi dei risultati del circuito ha fatto emergere interrogativi sia sulla piena indipendenza tra le repliche, sia sulla possibilità di anomalie della misura in concomitanza di processi, correlati ai fenomeni oggetto di studio, ma non sottoposti a rilevazione (ad esempio, eventuali processi di crescita delle colonie da leggere, nel periodo che copre la durata del circuito, la stanchezza dell'operatore con il progredire del numero di analisi o l'utilizzo o meno di strumenti correttivi per la vista, etc.).

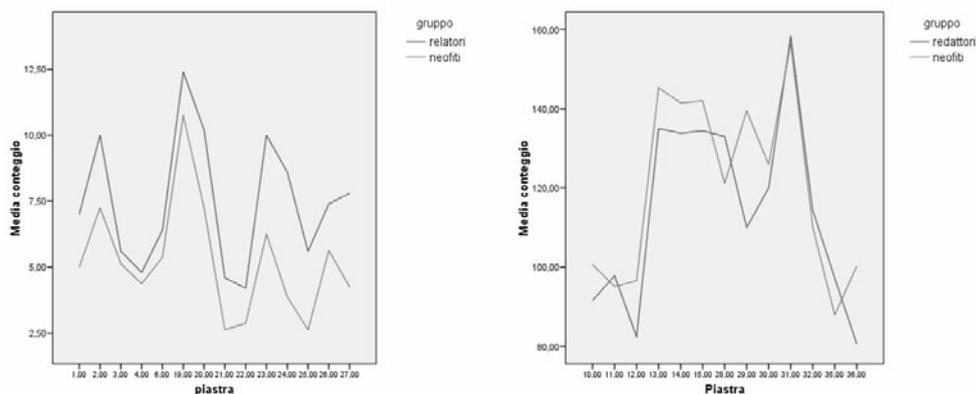
Alla luce delle evidenze sopra descritte, nel secondo circuito è stata introdotta un'esercitazione di lettura comune di piastre, guidata dai redattori delle Linee Guida, la registrazione, da parte degli operatori stessi, degli orari di lettura delle piastre e dell'eventuale utilizzo di occhiali. Sono state, inoltre, registrate *in continuum* temperatura ed umidità relativa vigenti sotto cappa e sono state effettuate, da parte dei redattori delle Linee Guida, letture di controllo sui medesimi campioni, ad intervalli di tempo registrati. Per ciò che concerne l'analisi statistica, preliminarmente ad ogni altra operazione, è stata verificata la stabilità dei campioni durante la durata del circuito: l'analisi delle letture di controllo non ha evidenziato differenze significative tra le letture di medesimi campioni effettuate ad inizio e fine lavori (test t per la verifica dell'uguaglianza in media ad un livello di significatività del 5%). Questo dato conforta l'ipotesi che, vigendo le normali condizioni ambientali di laboratorio, il numero delle colonie non subisce modifiche nell'arco della durata del circuito. Successivamente, è stata replicata la clusterizzazione dei dati operando per singola piastra, con attenzione alle seguenti variabili: il conteggio, l'incertezza rispetto al conteggio (rilevazione o meno della formazione di patina), il gruppo di appartenenza a priori (redattori piuttosto che neofiti), l'ordine delle repliche, l'utilizzo o meno di strumenti correttivi per la vista. Il risultato ottenuto è stato particolarmente interessante, in quanto la procedura ha portato, per tutte le piastre, alla costituzione di tre *cluster* di cui uno formato dalle sole rilevazioni dei redattori e gli altri due dalle sole rilevazioni dei neofiti, quest'ultimi distinti fra di loro in base all'utilizzo o meno di strumenti di correzione della vista. In altre parole è stata confermata una certa distanza in termini di conteggio tra i redattori ed i neofiti, si è aggiunto il fattore relativo all'utilizzo o meno di strumenti correttivi della vista, ma non si osservano più distanze dovute alla rilevazione della formazione di patina ed alle modalità di dichiarazione della medesima, né tanto meno si segnalano effetti imputabili all'ordine delle repliche. L'analisi grafica (Figura 2) suggerisce, poi, almeno due considerazioni: la prima riguarda il fatto che la distanza sembra essere più significativa tra i neofiti che usano strumenti correttivi della vista ed i redattori, piuttosto che tra quest'ultimi ed i neofiti che non hanno bisogno di tali strumenti, la seconda è che la tendenza media delle letture dei distinti *cluster* è molto simile.

Prima di sottoporre a verifica la significatività delle distanze tra *cluster*, si è provveduto all'individuazione di eventuali valori anomali che potessero distorcere i risultati del modello ANCOVA (notoriamente assai sensibile alla presenza di *outliers*); il test z-score normalizzato utilizzato a questo scopo è stato effettuato in relazione alle letture di ogni singola piastra, individuando, su un totale di 400 rilevazioni valide (non considerando, cioè, quelle per cui è stata constatata la formazione di patina), 19 casi anomali (più precisamente 15 dubbi e 4 certamente anomali), che sono stati quindi esclusi dall'analisi.

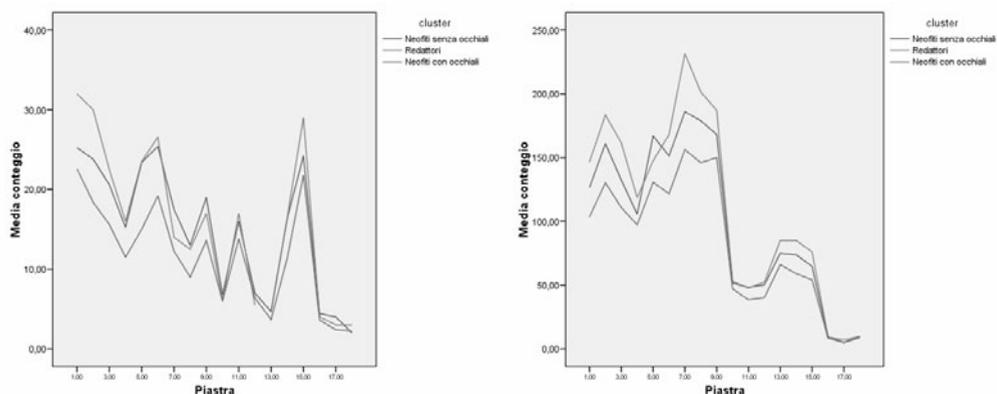
Il modello ANCOVA è stato specificato individuando il *cluster* come fattore e l'ora di lettura come variabile correlata (covariata) ed è stato applicato distintamente, per tipo di campionamento e per quantità di volumi aspirati. L'accettazione dei risultati, chiaramente, è sempre stata sottoposta alla verifica preliminare del sussistere delle condizioni di validità del modello (normalità della distribuzione dei residui, omoschedasticità delle rilevazioni, assenza di collinearità tra il fattore e la covariata). Il modello non ha avuto problemi di rispetto dei vincoli sopra menzionati per volumi d'aria a partire dai trecento litri, mentre, per campionamenti da superficie e volumi d'aria sotto i trecento litri, in qualche occasione l'ipotesi di normalità è stata accettata sul limite di significatività (5%). Questa constatazione è connessa con l'estrema variabilità di conteggio tra le differenti repliche (peraltro crescente al decrescere dei volumi d'aria aspirati), il che ricondurrebbe alla necessità di portare il loro numero da tre a cinque. Per quel che, invece, concerne i risultati del modello, in generale è stato constatato che il *cluster* di appartenenza non ha rilevanza nella lettura delle piastre relative a campionamenti da superficie, mentre assume significatività per quel che concerne i campionamenti di aria: per le colonie fungine sempre, per quelle batteriche a partire dai 300 litri di aria prelevata. L'analisi dei contrasti ha poi rivelato che il *cluster* a cui ascrivere questo risultato è soprattutto quello dei neofiti che utilizzano strumenti di correzione visiva, in quanto tra redattori e neofiti che non utilizzano strumenti di correzione visiva la significatività della distanza non è quasi mai netta e, in alcuni casi, per nulla rilevante. In termini di varianza, il modello ritorna dei dati assai interessanti; infatti ci dice che il *cluster* di appartenenza spiega tra il 20% (per le colonie batteriche) ed il 40% (per le colonie fungine) della varianza osservata. Infine, non vi è alcuna evidenza statistica che la covariata "ora di rilevazione" abbia effetti rilevanti sul conteggio delle colonie.

Le risposte del modello, in concomitanza con la precedente osservazione sulla similarità degli andamenti tendenziali dei conteggi relativi ad ogni singolo *cluster*, hanno portato a concludere che le differenze di conteggio relative al secondo confronto interlaboratorio erano da imputare non tanto ad una diversa modalità di misurazione, quanto ad un problema di taratura e di sensibilità dello strumento di misurazione.

I risultati del terzo circuito hanno dimostrato inequivocabilmente come, nel corso di quattro anni, si sia passati da una fase iniziale di pronunciata disomogeneità, sia in termini di misura che in termini di esposizione formale della misura medesima, ad una situazione finale in cui non è percepibile alcuna significativa differenza tra i conteggi effettuati dai partecipanti al circuito.



**Fig. 1:** media dei conteggi di colonie batteriche (sinistra) e fungine (destra), relativi al primo circuito, *distinti per gruppo* ('redattori' e 'neofiti'). Sono escluse le piastre per cui almeno un biologo ha referato la dizione patina



**Fig. 2:** media dei conteggi di colonie batteriche (sinistra) e fungine (destra), *distinti per cluster*, relativi al secondo circuito

La realtà di quanto appena affermato è immediatamente percepibile confrontando tra loro i grafici relativi ai conteggi di colonie batteriche del primo e del terzo circuito (Figure 3 e 4), riportati a titolo puramente esemplificativo, per dare conto della quantità e della qualità del lavoro svolto e visualizzare con chiarezza il percorso di allineamento delle letture, con il progredire delle esperienze condotte. Da questi grafici, infatti, si evince con chiarezza la sostanziale differenza di allineamento nella lettura, che caratterizza il primo circuito, opposta alla similarità che, viceversa, contraddistingue il terzo.

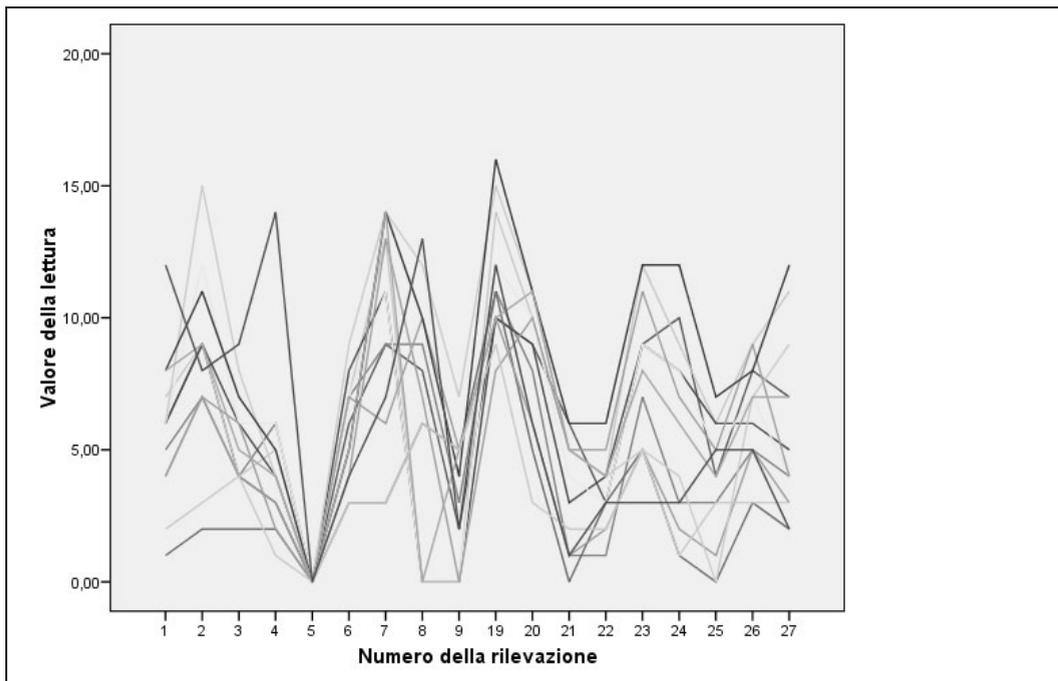


Fig. 3: valori per piastra dei conteggi di colonie batteriche, *distinti per biologo*, per i campionamenti del primo circuito

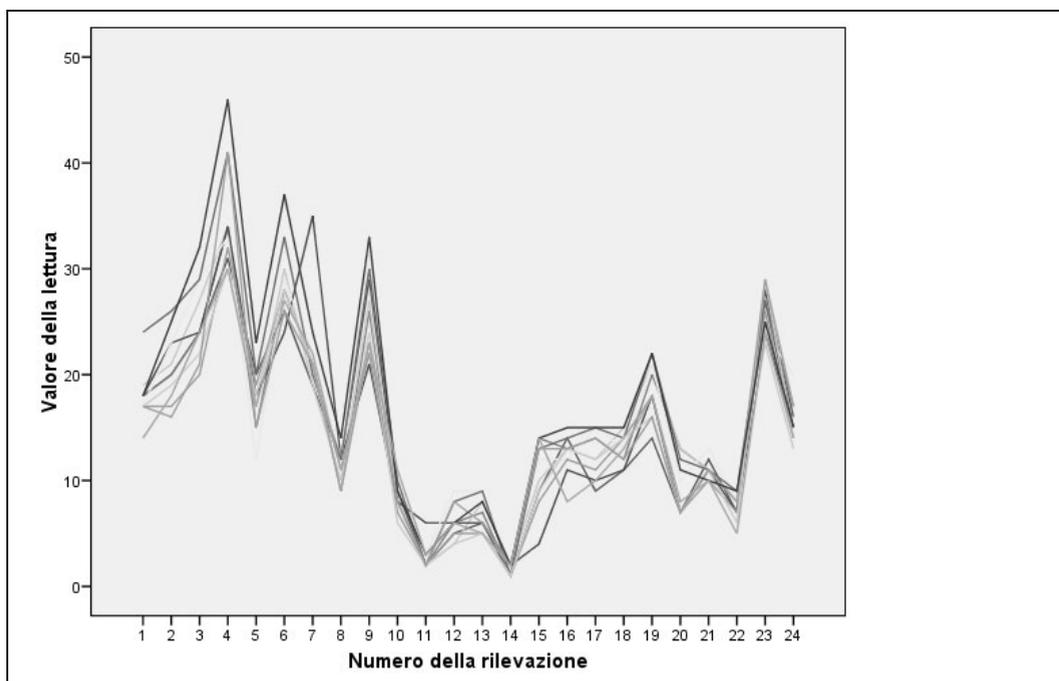


Fig. 4: valori per piastra dei conteggi di colonie batteriche, *distinti per biologo*, per i campionamenti del terzo circuito

#### **4. CONCLUSIONI**

I risultati dei confronti interlaboratorio sinora realizzati dalla CONTARP hanno dimostrato la validità dell'intero impianto metodologico messo a punto e l'utilità dell'esperienza condotta e dei modelli statistici applicati, per il miglioramento della qualità della misura ambientale del bioaerosol. L'adesione a circuiti interlaboratorio è fortemente raccomandata dagli Enti di accreditamento ed è una modalità indicata anche dalla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (2000) per la validazione dei metodi di prova, l'assicurazione della qualità dei dati e la valutazione della competenza del personale di laboratorio.

L'utilizzo di protocolli di indagine armonizzati e la comparabilità dei dati analitici acquisiti, in materia di rischio biologico, consentono all'Istituto di disporre di un patrimonio di informazioni unico, che sarà messo a disposizione di quanti operano per la salute e la sicurezza sul lavoro.

#### **BIBLIOGRAFIA**

UNI CEI EN ISO/IEC 17025: Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura. Edizione novembre 2000.

INAIL - CONTARP, Linee Guida: Il monitoraggio microbiologico negli ambiente di lavoro. Campionamento e analisi, 2005, Edizioni INAIL, Milano.

R. Giovinazzo, S. Massera, E. Incocciati: L'efficacia delle misure di agenti chimici e biologici aerodispersi negli ambienti di lavoro: il contributo dell'INAIL-CONTARP, 2007, G Ital Med Lav Ergon Volume XXIX N. 3, Luglio-settembre, pagg. 732-733.

R. Giovinazzo, P. Anzidei, P. Calabrese, L. Frusteri, E. Guerrera, D. Sarto, F. Venanzetti, M. Veltroni: Qualità della misura degli agenti biologici negli ambienti di lavoro: l'intercalibrazione tra i laboratori INAIL, 2008, Atti del 26° Congresso Nazionale AIDII, Siena 25 – 27 giugno 2008, pagg. 87-96.

# I RIFIUTI DA APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE: DALLA GESTIONE DEI RISCHI PROFESSIONALI AGLI INTERVENTI DI PREVENZIONE

A. GUERCIO<sup>1</sup>, E. INCOCCIATI<sup>1</sup>, P. FIORETTI<sup>1</sup>, F. MARRACINO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>INAIL - Direzione Generale - Consulenza Statistico Attuariale

## RIASSUNTO

La commercializzazione crescente di Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche e il sempre più breve ciclo di vita incrementano vertiginosamente la produzione di Rifiuti da esse derivati (RAEE). Solo recentemente i RAEE sono diventati oggetto di una normativa specifica che ne disciplina il trattamento, la valorizzazione o il reimpiego. Il lavoro propone una sintesi delle novità introdotte nella Legislazione a riguardo, relazionando, inoltre, sullo studio che la CONTARP sviluppa nel Settore, indirizzato alle criticità igienistico-industriali, alle soluzioni procedurali, organizzative e politiche prevenzionali per il miglioramento delle condizioni di sicurezza e salubrità di queste particolari attività lavorative.

## SUMMARY

The increasing marketing of electrical and electronic equipment has greatly improved production of connected waste. Italian Legislation has recently regulated W.E.E.E. treatment, increasing in value and energy and material recovery. Legislative news are summarized together with results of a study that CONTARP is carrying out on health and safety at work conditions in waste treatment plants. The aim of the study is to identify, through a risk assessment process, the main preventive and protective actions (complex of organizational or procedural measures, process and equipment modifications) to be applied for enhancement of occupational safety and health.

## 1. INTRODUZIONE

RAEE è l'acronimo con cui si indicano i rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche<sup>1</sup> ossia computer, frigoriferi, televisori e lavatrici, sorgenti luminose e apparecchi di illuminazione e, più in generale, tutti i prodotti elettrici ed elettronici a fine vita<sup>2</sup>. Sono quindi inclusi tutti i componenti, sottoinsiemi e materiali di consumo, parte integrante del prodotto al momento in cui si decide di eliminarlo. Rispetto all'elevato quantitativo di rifiuti immessi nell'ambiente (10 milioni di tonnellate), la quantità di RAEE raccolti e trattati secondo la disciplina europea è limitata. In Italia ogni anno ne sono prodotte circa 800.000 tonnellate, di cui unicamente 100.000 provengono da raccolta differenziata e destinate agli impianti di trattamento e stoccaggio (APAT – ONR, 2007).

Precedentemente all'emanazione delle direttive europee (Direttiva 2002/96/CE; Direttiva 2003/108/CE), pur essendo nota la natura pericolosa per l'ambiente e per l'uomo dei componenti, i RAEE non erano oggetto di una normativa specifica che ne disciplinasse il trattamento, la valorizzazione o il reimpiego; l'abbandono abusivo o, nella migliore delle ipotesi, lo smaltimento in discarica o l'incenerimento, senza riutilizzo di materie prime secondarie, erano conseguenza diretta del vuoto legislativo.

Secondo stime FISE (Federazione Imprese di Servizi) per il 2005, la fase finale del ciclo di vita delle apparecchiature elettriche ed elettroniche è gestita da circa 150 stabilimenti caratterizzati da

---

<sup>1</sup>Apparecchiature elettriche ed elettroniche» o «AEE»: apparecchiature che dipendono per un corretto funzionamento da correnti elettriche o campi elettromagnetici ed apparecchiature di generazione, trasferimento e misura di queste correnti e campi appartenenti alle categorie di cui all'allegato I A del Decreto Legislativo 25 Luglio 2005, n. 151 e progettate per essere usate con una tensione non superiore a 1 000 volt per la corrente alternata e a 1 500 volt per la corrente continua.

<sup>2</sup>L'elenco di tali apparecchiature è riportato nell'allegato I B al D.Lgs. 151 del 2005.

un'attività di recupero-riciclaggio (FISE-UNIRE, 2006). Circa 30 imprese effettuano operazioni di disassemblaggio e 10-12 centri integrati eseguono cicli completi di trattamento. Il numero degli addetti al trattamento è di poco inferiore a 1000 e tendenzialmente in crescita.

La complessità dei cicli tecnologici svolti negli impianti, unitamente alla varietà dei rifiuti trattati e alle caratteristiche degli spazi aziendali, non sempre idonei alle necessità lavorative, sono solo le criticità più rilevanti negli impianti di trattamento RAEE le cui condizioni di salute e sicurezza sul lavoro non sono state ancora debitamente affrontate.

## 2. LA GESTIONE DEI RAEE: ASPETTI NORMATIVI

Il Decreto Ministeriale 25 settembre 2007, n. 185 (D.M. 185/2007) ha delineato la struttura del sistema nazionale di recupero dei RAEE finalizzato a prevenirne la produzione, a promuoverne il reimpiego, il riciclaggio e le altre forme di recupero, nonché a migliorare, sotto il profilo ambientale, l'intervento dei soggetti che partecipano al ciclo di vita di dette apparecchiature (produttori, distributori, consumatori, operatori direttamente coinvolti nel trattamento del RAEE), prevedendo un sistema di raccolta differenziata capillare ed imponendo il divieto di smaltimento in discarica di RAEE non trattati. Il sistema organizzativo della gestione dei RAEE, unitamente ai soggetti coinvolti, è rappresentato in Figura 1.

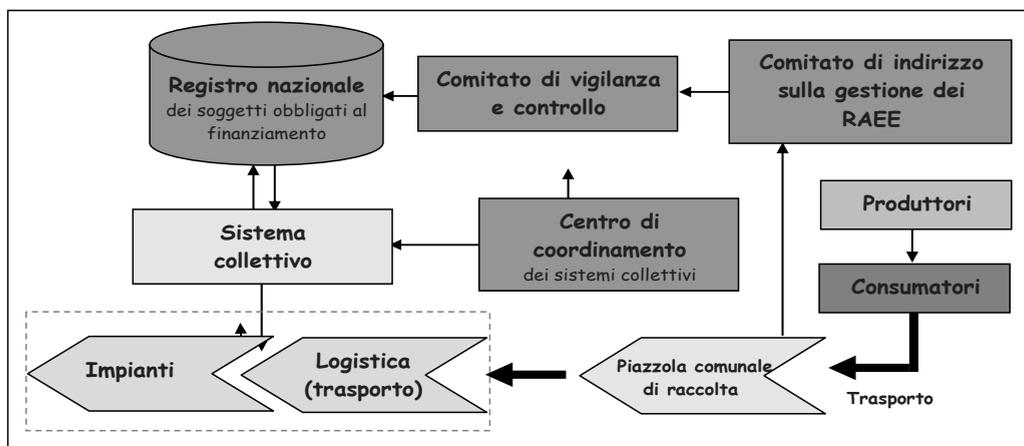


Figura 1- Schema del sistema organizzativo per la gestione dei RAEE

## 3. TRATTAMENTO RAEE: IGIENE E SICUREZZA SUL LAVORO

Si definisce trattamento di RAEE il disassemblaggio selettivo per l'individuazione delle componenti pericolose e valorizzabili e l'avvio a successivi impianti di selezione. Alla grande varietà di AEE presenti sul mercato corrisponde una notevole complessità nei cicli tecnologici che caratterizzano gli impianti di trattamento dei RAEE (GUERCIO & INCOCCIATI, 2008).

### 3.1 Ciclo produttivo

Il ciclo di trattamento, anche di notevole complessità, è caratterizzato dalle seguenti fasi lavorative:  
 - **raccolta, conferimento e messa in riserva:** trasferimento dei beni a un centro di trattamento e loro stoccaggio in vista del recupero. In successione si tratta di: carico su automezzi, trasporto, scarico, stoccaggio e prelievo per il trattamento. La raccolta per il riciclo è fase delicata e richiede misure di protezione del bene dismesso fino al trattamento, al fine di evitare di vanificare completamente l'operazione di recupero sia del componente, sia del materiale e di causare il rilascio di sostanze inquinanti o pericolose per l'ambiente.

Nella movimentazione di frigoriferi devono evitarsi danni ai circuiti di refrigerazione e alle pareti coibentate e la conseguente liberazione in atmosfera di fluidi frigorigeni o di oli; analogamente, per tubi catodici di televisori e monitor e per sorgenti luminose da mantenere integre per evitare

dispersione di polveri e vapori. A tale fine, si devono impiegare contenitori appropriati, apparecchiature di sollevamento idonee (esclusi i “ragni”), rimuovere sostanze che potrebbero essere rilasciate durante la movimentazione, chiudere portelli e bloccare le parti mobili, assicurare la tenuta di liquidi o gas contenuti nei circuiti, evitare la riduzione di volume mediante pressatura.

I materiali da sottoporre a trattamento devono essere identificati e catalogati in ingresso, prima dell’avvio a trattamento specifico. Si devono predisporre strumenti, anche portatili, per la rivelazione di radioattività.

- **pretrattamento e messa in sicurezza:** lavorazione preliminare finalizzata a rendere sicuro lo svolgimento delle successive fasi di recupero, dopo il trasporto interno o esterno. Consiste nell’asportazione di parti mobili delle apparecchiature (portelli, componenti e cablaggi elettrici, guarnizioni in PVC e/o gomma ed altre parti accessorie quali piani in cristallo, in acciaio, in plastica ecc.) e nella rimozione di eventuali materiali pericolosi quali, clorofluorocarburi (CFC) dai circuiti e di oli, di sostanze pericolose in interruttori, trasformatori, condensatori, tubi catodici, schede elettriche ed elettroniche. Vengono asportati anche gli infiammabili eventualmente presenti.

- **smontaggio e recupero componenti:** fasi a notevole apporto di lavoro manuale. Lo smontaggio corretto permette il recupero di componenti validi da un punto di vista tecnico-economico, a seguito di revisione, collaudo e stima della durata residua presunta, mediante test di qualificazione del componente in funzione degli’impiego previsto e del relativo livello di qualità. Lo stoccaggio dei pezzi smontati e dei rifiuti deve mantenerne intatte le caratteristiche.

I recipienti fissi e mobili, comprese le vasche e i bacini utilizzati per lo stoccaggio dei rifiuti, devono possedere adeguati requisiti di resistenza meccanica e chimica, nonché dispositivi antiriboccamento. I recipienti destinati a fluidi volatili devono assicurare un adeguato livello di tenuta e essere conservati a temperatura controllata. Lo stoccaggio di CFC e idroclorofluorocarburi (HCFC) deve avvenire in conformità a quanto previsto dal D.M. 20 settembre 2002.

Lo stoccaggio delle apparecchiature dismesse deve essere organizzato in aree distinte per ciascuna tipologia di trattamento, anche al fine di evitare di accatastare le apparecchiature senza opportune misure di sicurezza per gli operatori e per l’integrità delle stesse apparecchiature.

- **frantumazione e selezione dei materiali:** preliminare al recupero di metalli ferrosi e non, plastiche, ecc, è caratterizzata da un intenso impiego di energia e da soluzioni automatizzate, ad alto contenuto tecnologico. Prevalentemente, sono frantumate carcasse di AEE bonificate, in ambienti controllati a contenimento statico (barriere, segregazione, tenute con guarnizioni), o dinamico, mediante il mantenimento di opportuni livelli di depressione rispetto all’esterno.

- **recupero energetico e di materiale:** operazioni attraverso le quali i materiali selezionati sono prioritariamente reintrodotti nei cicli produttivi o avviati a processi di recupero energetico.

I requisiti tecnici degli impianti devono essere conformi a quanto previsto dal Decreto Legislativo 25 Luglio 2005, n. 151 (D.Lgs. 151/2005). Particolare attenzione è attribuita alle aree di stoccaggio dei rifiuti in ingresso ed in uscita e dei materiali da avviare al recupero, da mantenersi schematicamente così distinte:

- a) settore di conferimento e stoccaggio dei RAEE dimessi;
- b) settore di messa in sicurezza;
- c) settore di smontaggio dei pezzi riutilizzabili;
- d) settore di frantumazione delle carcasse;
- e) settore di stoccaggio delle componenti ambientalmente critiche;
- f) settore di stoccaggio dei componenti e dei materiali recuperabili;
- g) settore di stoccaggio dei rifiuti non recuperabili da destinarsi allo smaltimento.

La figura 2 è la rappresentazione schematica dell’attuale sistema di gestione dei RAEE.

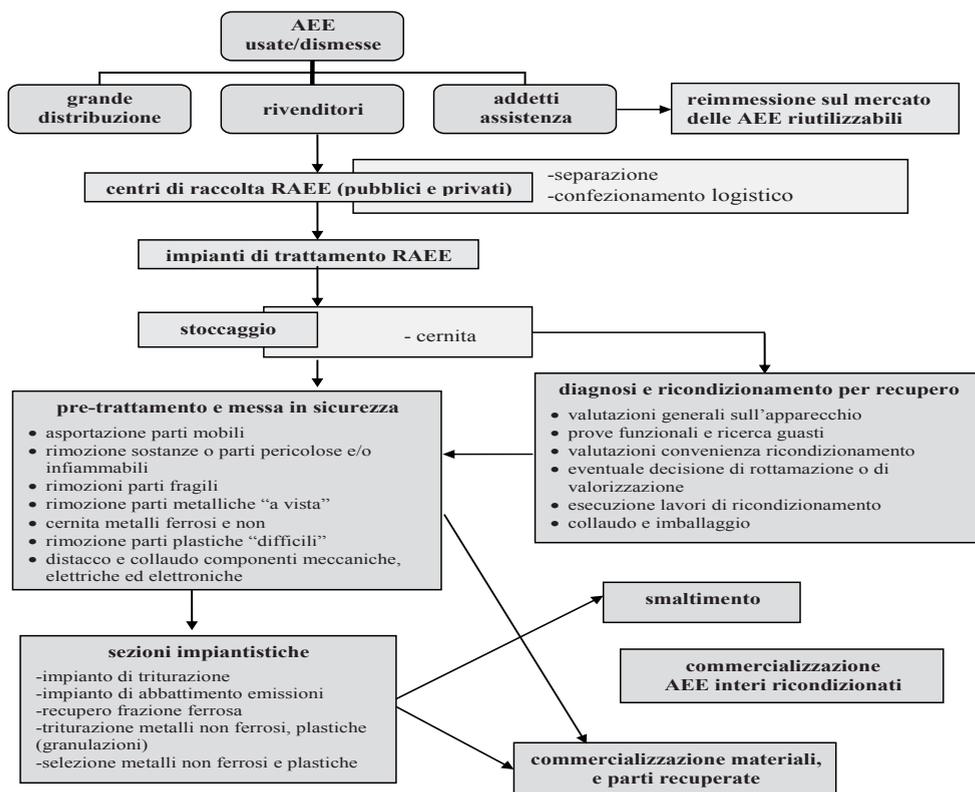


Figura 2: Schema di massima sulla gestione dei RAEE

### 3.2 Rischi per la salute e per la sicurezza

I rischi presenti in questa tipologia di impianti sono generalmente comuni a tutte le fasi lavorative per l'assenza di compartimentazione in un ciclo di lavorazione complesso e la copresenza in un unico ambiente di lavoro di macchine, mezzi e sistemi di movimentazione e trasporto, nonché l'impiego di numerose attrezzature e la manipolazione di sostanze pericolose. I rischi infortunistici sono dovuti all'interazione uomo-macchina/impianto/attrezzatura e legati alla presenza di mulini, tritratrici, nastri trasportatori, aspiratori, tornii, attrezzature a motore e non, portatili, messi in azione sia durante la normale attività, sia nello svolgimento di interventi manutentivi ordinari e straordinari. Carrelli elevatori movimentano i RAEE in ingresso per lo smistamento presso aree dedicate, circolando all'interno dei capannoni; in assenza di apposite vie interdetto alla circolazione pedonale e di procedure per la guida ed il caricamento del veicolo, sono possibili investimenti di personale, incidenti tra mezzi, ribaltamenti, anche a causa di carichi mal posizionati.

Gli agenti di rischio per la salute dei lavoratori sono legati essenzialmente alla presenza di numerose sorgenti sonore e alla dispersione di polveri in ambienti non compartimentati ed isolati.

All'emissione di rumore prodotta da tritratrici e nastri trasportatori, se non adeguatamente isolati, si aggiungono altre attività in grado di produrre elevata rumorosità come la rottura per l'avviamento a recupero del vetro del tubo catodico di televisori e monitor tramite martello o taglio con sega del vetro che separa dal tubo catodico lo schermo da bonificare dalle polveri fluorescenti; il rumore prodotto giunge a valori di livello equivalente superiori a 85 e di picco superiori a 110 dB(A).

Numerose sono le sostanze pericolose e, in genere, presenti nelle diverse fasi di lavorazione in forma di materiale per recupero di materia prima secondaria e di energia. Da frigoriferi, congelatori, surgelatori, condizionatori sono recuperati CFC, oli, lubrificanti e resine espanse contaminate e/o contenenti CFC, mercurio dagli interruttori, PCB dai condensatori. Da televisori, monitor e schermi provengono piombo, ossidi e solfuri di zinco, cadmio, fosfori; da computer, condensatori con PCB e interruttori a mercurio. Le polveri aerodisperse sono prodotte dalla triturazione delle schiume poliuretaniche isolanti in frigoriferi e condizionatori. L'elevata polverosità può essere causa diretta di incendi ed esplosioni, in presenza di fonti di innesco.

I rischi relativi alla movimentazione manuale dei carichi sono limitati per l'entità del peso movimentato (televisori, computer), ma amplificati dalla ripetitività delle operazioni e dall'esiguità dello spazio a disposizione, che impone movimenti o posture incongrue.

### 3.3 Dati INAIL: denunce di infortuni e malattie professionali

Le aziende che effettuano il trattamento dei RAEE hanno, fino al 2008, denunciato circa 80 infortuni l'anno, nell'ultimo quinquennio, e nessun caso mortale (MARRACINO, 2008).

Gli infortuni che colpiscono i lavoratori sono prevalentemente di lieve entità, non danno origine a postumi permanenti e determinano assenze dal lavoro mediamente di 6-7 giorni, ma nella loro specificità disegnano molto bene il quadro di rischio cui l'attività di trattamento dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche espone. Infatti, l'*infortunio tipo* si verifica nel luogo di produzione o immagazzinaggio e su mezzi di trasporto terrestre ed è determinato nella quasi totalità dei casi dalla perdita di controllo totale o parziale di mezzo di trasporto o di attrezzatura di movimentazione (motorizzata o no). Un'altra caratteristica importante che definisce la situazione tipica in cui avvengono gli infortuni è il modo in cui la vittima è stata ferita ed è venuta in contatto con l'oggetto che ha provocato la lesione: circa un terzo degli incidenti avviene per caduta dall'alto; o è il lavoratore che cade su un oggetto immobile che determina la lesione, o è l'oggetto che cade dall'alto sul lavoratore non in movimento, causandone il ferimento. Particelle, polveri, schegge, pezzi, protezioni, frammenti ed altri elementi rotti sono quelli che provocano la lesione nella gran parte dei casi. I 2/3 degli infortuni esitano in ferite, contusioni e lussazioni che interessano prevalentemente gli arti (36% quelli inferiori, 18% quelli superiori) e la colonna vertebrale (15%). I rischi infortunistici sono, quindi, legati all'interazione uomo-macchina/impianto/attrezzatura (trituratori, nastri trasportatori, tornii, mezzi di movimentazione) sia durante la normale attività sia per interventi manutentivi ordinari e straordinari.

### 3.4 Interventi di prevenzione

L'analisi puntuale di tutte le fasi del ciclo produttivo consente di evidenziare i rischi descritti e individuare, per ciascuno di essi, le possibili soluzioni applicabili.

Al fine di limitare l'incidenza dei **rischi infortunistici** dovuti a strutture e ad ambienti di lavoro, gli spazi attrezzati adibiti al trattamento dei RAEE dovrebbero essere sufficientemente ampi da comprendere diverse aree di lavoro, possibilmente compartimentate l'una rispetto all'altra, ciascuna dedicata a una delle numerose e diverse operazioni di cui si compone il ciclo produttivo.

Dalla fase di raccolta e messa in riserva fino al recupero dei componenti è necessario mantenere percorsi e aree operative puliti e sgombri, assicurando spazi di manovra per operatori e mezzi meccanici. L'utilizzo di pallet metallici dotati di protezioni laterali limita efficacemente le cadute di materiale per errato caricamento. Le aree di stoccaggio del materiale devono essere adeguatamente distanziate dalle postazioni di lavoro, dove necessario: le scaffalature di deposito temporaneo devono assicurarne la stabilità, e, ove possibile, è da prediligere lo stoccaggio a pavimento o su pallet, identificando e distinguendo idonei contenitori per raccogliere il materiale destinato a smaltimento, recupero e vendita.

Opportune scelte delle apparecchiature, la verifica tecnica periodica dei mezzi di trasporto e di sollevamento e il corretto utilizzo di impianti, macchine e attrezzature di lavoro favoriscono la prevenzione dei rischi infortunistici ed evitano il danneggiamento dei rifiuti immessi nel ciclo

produttivo. La regolazione della circolazione di autoveicoli e di mezzi di movimentazione e un'opportuna segnalazione di divieti e percorsi contribuiscono a evitare ribaltamenti o spostamenti del carico nelle curve.

E' ergonomicamente essenziale una corretta progettazione delle postazioni di lavoro nella fase di smontaggio e recupero per evitare posture incongrue, prevedendo anche corrette procedure per l'impiego delle attrezzature portatili necessarie alle operazioni.

L'automazione è estesamente impiegata per la frantumazione, la selezione e il recupero energetico e di materiale. Impianti e macchine devono essere adeguati alle norme tecniche più recenti e correttamente segregati, definendo aree di rispetto e predisponendo barriere per evitare il contatto diretto con gli operatori. La compartimentazione, insieme all'insonorizzazione delle macchine e a un adeguato piano di manutenzione, hanno un sicuro impatto per la limitazione del **rischio da rumore**, comune a tutte le fasi lavorative.

Nelle operazioni non automatizzate, devono essere adottate soluzioni tecniche che possano limitare la **movimentazione manuale dei carichi**, specie nel trasporto dei grandi RAEE. Le postazioni di lavoro manuale ai banchi devono essere concepite considerando le caratteristiche dei carichi da movimentare, avendo cura della corretta posizione del corpo in fase di sollevamento, evitando torsioni del tronco e posando i carichi su superfici resistenti e piane.

Il trattamento dei RAEE comporta per gli operatori il possibile contatto, attraverso cute e vie aeree, sia in operazioni manuali sia automatizzate, con **agenti chimici e cancerogeni**.

Sarebbe auspicabile un intervento da parte dei produttori di AEE per concepire e realizzare il "prodotto" privo di sostanze potenzialmente pericolose per gli operatori addetti al trattamento di fine vita, ma anche per gli utenti stessi e per l'ambiente. Nel 1994, la Comunità Europea, con il Regolamento CE N. 3093 del 23/12/1994 ha vietato la produzione e l'utilizzo dei CFC, degli Halon e dei HCFC. Alcune sostanze pericolose (piombo, ossidi di zinco) nei televisori e nei monitor non sono sostituibili e risulta quanto mai necessario stabilire, applicare ed aggiornare procedure per la bonifica da parte delle aziende, possibilmente condivise all'interno dei Sistemi Collettivi e dei Centri di Coordinamento, al fine di consentire "condizioni operative uniformi ed omogenee su tutto il territorio nazionale", così come richiesto dalla Legislazione. Quando non si possa intervenire sul prodotto a fine vita, è necessario predisporre procedure operative per limitare gli effetti di eventuali fuoriuscite e spandimenti, e, dall'altro, promuovere la corretta manipolazione da parte degli addetti, particolarmente nella fase di raccolta, conferimento e messa in riserva, come pure in quella di pretrattamento e messa in sicurezza (rimozione del toner da stampanti, fotocopiatrici e fax, di CFC e n-pentano da circuiti frigoriferi e di polveri fluorescenti da cinescopi). In fase di smontaggio e recupero componenti e di frantumazione e selezione dei materiali, per ridurre l'esposizione ad agenti chimici e cancerogeni è necessario manipolare le sostanze in sistemi chiusi e privilegiare l'automazione di impianti e processi. Le operazioni connesse liberano polveri di granulometria tale da risultare respirabili, anche contaminate dalla presenza di metalli pesanti. Si devono predisporre impianti di captazione e aspirazione localizzata dell'aria, da convogliare a sistemi di abbattimento/filtrazione/assorbimento. Sistemi analoghi dovrebbero essere installati negli ambienti in cui staziona il personale (banchi attrezzati, sale di controllo, uffici, spogliatoi, ecc. Le zone di stoccaggio e i nastri trasportatori dovrebbero essere dotate di sistemi di segregazione e contenimento delle polveri. Gli impianti di trattamento/condizionamento dell'aria e i sistemi di abbattimento delle polveri devono essere sottoposti a manutenzione programmata e periodica.

La probabile presenza di nubi infiammabili e di fonti di innesco rende il **rischio di incendio e esplosioni** oggetto di valutazione ai sensi di legge tenendo in considerazione di tutte le peculiarità del singolo impianto. Il rischio incendio può risultare di entità non trascurabile in ragione dei livelli di contaminazione degli ambienti di lavoro. Gli impianti elettrici devono essere realizzati in modo da non costituire fonte di innesco e adeguatamente mantenuti; si devono predisporre, applicare e mantenere aggiornate procedure di verifica dell'efficienza dei sistemi per la rivelazione di incendi e di lotta antincendio e delle attrezzature antincendio.

### 3.5 Aspetti gestionali e conclusioni

Il D.Lgs. 151/2005 istituisce un Albo obbligatorio per gli operatori del trattamento di RAEE. Il Decreto stabilisce che gli impianti devono essere conformi alle disposizioni vigenti, devono rispettare specifici requisiti tecnici, specifica modalità di gestione, e obbliga i gestori all'utilizzo delle migliori tecniche disponibili sul mercato. E' chiara l'attenzione agli aspetti di sicurezza ambientale e di promozione del recupero dei RAEE finalizzato al relativo reimpiego e riciclaggio. Meno esplicita è, invece, l'attenzione dell'attuale normativa agli aspetti della tutela della salute e sicurezza dei lavoratori impiegati negli impianti di trattamento<sup>3</sup>.

Ciò è imputabile alla scarsa consapevolezza dell'ampio significato che il termine "prevenzione" può assumere. Prevenire l'aumento della produzione di RAEE ha un sicuro e comprovato impatto ambientale: in questa direzione dovrebbero agire sia gli indirizzi normativi che le scelte progettuali. Così, ad esempio, è possibile costruire AEE usando al minimo le risorse naturali, sia di materia che di energia, adottando accorgimenti di progetto che consentano il riutilizzo tanto di materiali riciclati quanto di componenti recuperabili; in accordo con i produttori di materiali e componenti, andrebbe integrata una quantità sempre crescente di materiali riciclati nei loro prodotti in modo da sviluppare il mercato di materiali riciclati. Fondamentale è anche il controllo dell'impiego di sostanze pericolose (metalli pesanti e alcuni composti organo-alogenati), privilegiando alternative a maggiore sostenibilità ambientale. Analogamente andrebbe ottimizzato l'impiego di manufatti realizzati, ove possibile, con un solo materiale, e si dovrebbe preferire l'impiego di plastiche facilmente riciclabili utilizzando additivi e riempitivi di tipo innovativo. Ma, soprattutto, prevedere e facilitare lo smontaggio, la riparazione, il riutilizzo ed il recupero, adottando per esempio il criterio della modularità e dell'intercambiabilità dei componenti comuni, costituiscono obiettivi prioritari delle aziende di produzione AEE per "pensare" alla prevenzione non solo in termini ambientali ma anche in modo mirato alla tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori addetti al trattamento dei RAEE.

La gestione della prevenzione in questo particolare comparto produttivo deve dunque prendere le mosse dall'adozione di processi di produzione che siano in linea con quanto stabilito dalle direttive comunitarie prima e dal D.M. 185/07 poi, relativamente al sistema di gestione dei RAEE.

## BIBLIOGRAFIA

APAT – ONR : Rapporto Rifiuti, 2008

**A. Guercio, E. Incocciati:** La gestione in sicurezza dei RAEE: aspetti tecnici e procedurali, Giugno 2008, 26° Congresso Nazionale AIDII, Atti.

**F. Marracino -** Rifiuti speciali e infortuni sul lavoro - Dati INAIL, n° 5, Maggio 2008

**D. M. 25 settembre 2007, n. 185:** Istituzione e modalità di funzionamento del registro nazionale dei soggetti obbligati al finanziamento dei sistemi di gestione dei rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), costituzione e funzionamento di un centro di coordinamento per l'ottimizzazione delle attività di competenza dei sistemi collettivi e istituzione del comitato d'indirizzo sulla gestione dei RAEE, ai sensi degli articoli 13, comma 8, e 15, comma 4, del D.Lgs. 25 luglio 2005, n. 151.

---

<sup>3</sup>Tali aspetti sono stati per la prima volta esaminati, anche per ciò che riguarda gli impianti di trattamento dei RAEE, dalle Linee Guida che il Comitato Impianti a Tecnologia Complessa (CITEC) ha redatto in tema di progettazione, realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani (CITEC-Linee Guida, 2007).

**AA.VV.** – Linee Guida del CITEC per la progettazione, realizzazione e gestione degli impianti a tecnologia complessa per lo smaltimento dei rifiuti urbani 2007. Ed. Hyper

**FISE-UNIRE:** L'Italia del recupero, 7<sup>a</sup> edizione, Roma, 2006. <http://www.fise.org>

**D.Lgs. 25 Luglio 2005, n. 151:** Attuazione delle direttive 2002/95/CE, 2002/96/CE e 2003/108/CE, relative alla riduzione dell'uso di sostanze pericolose nelle apparecchiature elettriche ed elettroniche, nonché allo smaltimento dei rifiuti.

**Direttiva 2003/108/CE** del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'8 dicembre 2003 che modifica la Direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)

**Direttiva 2002/96/CE** del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 gennaio 2004 sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE).

# FLUIDI LUBROREFRIGERANTI E RISCHIO MICROBIOLOGICO NEL SETTORE METALMECCANICO: RISULTATI PRELIMINARI

E. GUERRERA<sup>1</sup>, O. GUARRERA<sup>2</sup>, L. PITZURRA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAIL – Direzione Regionale Umbra - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>Università degli Studi di Perugia - Dipartimento di Medicina Sperimentale e Scienze Biochimiche, Sezione di Microbiologia.

## RIASSUNTO

I fluidi lubrorefrigeranti (FLR), detti anche oli da taglio o metalworking fluids, vengono usati nella lavorazione dei metalli per ridurre l'attrito tra le superfici e disperdere il calore prodotto. I FLR possono essere contaminati da microrganismi, i quali diffondendosi nell'ambiente sotto forma di bioaerosol possono provocare patologie respiratorie e dermatologiche. Al fine di unire ad una attività di assistenza alle aziende, la possibilità di svolgere una ricerca sulla presenza del rischio biologico nel settore metalmeccanico, sono stati effettuati campionamenti microbiologici in 7 ditte del territorio umbro, in vari reparti produttivi e negli uffici. Nel 67% dei dati analizzati, in presenza di macchine che utilizzano olio da taglio, la carica microbica totale è significativamente superiore a quanto rilevato negli uffici. Sono inoltre presenti negli ambienti di lavoro specie fungine potenzialmente patogene o allergeniche.

## SUMMARY

The present study is a part of a larger project on assessment of exposure to biological agents and respiratory health effects among metal workers. The aim of this study was to evaluate the level of airborne microbial contamination of metalworking coolants as a potential source of harmful biological agents. Microbiological air quality of workplace was detected by a biological air sampler with orthogonal impact of flow in seven metal industry plants in Umbria. We tested air for total mesophilic and psychrophilic bacteria with Plate Count Agar plates, moulds with Sabouraud plates and some specific agents with selective plates. The analysis showed the total bacterial and mold counts ranging from 52 CFU/m<sup>3</sup> to 128 CFU/m<sup>3</sup>. The predominant genera of molds were *Alternaria*, *Aspergillus* and *Cladosporium*.

## 1. INTRODUZIONE

Nella lavorazione dei metalli l'asportazione del truciolo richiede l'uso dei fluidi lubrorefrigeranti (FLR) detti anche oli da taglio o metalworking fluids, i quali riducono l'attrito tra le superfici e consentono la dispersione del calore prodotto durante le fasi operative in cui la temperatura dell'utensile può superare i 1000°C.

I FLR sono costituiti da una complessa miscela di idrocarburi, additivi e acqua. Vengono generalmente utilizzati 3 classi di fluidi: oli che non contengono acqua; oli solubili caratterizzati da un'emulsione di olio e acqua; oli sintetici. Questi 3 tipi possono anche essere miscelati tra loro. La specifica formulazione può variare a causa dell'uso specifico dell'olio, dell'aggiunta di additivi, della contaminazione degli sfridi metallici derivati dalla lavorazione o della degradazione termica. I FLR, inoltre vengono cambiati poco frequentemente e questo comporta spesso una contaminazione microbiologica dell'acqua presente nella miscela oleosa.

I FLR, specialmente quelli a base acquosa, possono essere contaminati da batteri, lieviti e funghi (VIRJI *et al.*, 2000; SIMPSON *et al.*, 2003; CYPROWSKI *et al.*, 2007). Tali microrganismi possono diffondersi nell'ambiente di lavoro sotto forma di bioaerosol e provocare vari tipi di patologie: sintomi respiratori e alterazioni della funzione polmonare (HODGSON *et al.*, 2001; FALKINHAM, 2002; GUPTA & ROSENMAN, 2006); allergie; sinusiti (PARK *et al.*, 2005); neoplasie. Il contatto diretto con i fluidi inquinati microbiologicamente può inoltre causare infezioni

a livello epidermico (UENO *et al* 2002; AWOSIKA-OLUMO *et al.*, 2003) soprattutto in tessuti già danneggiati da microferite. In particolare la presenza di batteri Gram negativi può costituire una fonte di rischio biologico per i lavoratori, non solo per la loro potenziale patogenicità (KARADZIC *et al.*, 2006), ma anche per la loro capacità di produrre endotossine, costituenti glicolipidici della membrana batterica esterna, caratterizzati da un elevato potere infiammatorio. Studi epidemiologici hanno evidenziato una relazione esposizione-risposta tra endotossine batteriche Gram negative e funzionalità polmonare (DOUWES *et al.*, 2002; LIU, 2002; LIEBERS *et al.* 2006).

I batteri gram-negativi inoltre favoriscono la crescita di altri batteri, fornendo nutrienti e neutralizzando eventuali biocidi presenti negli oli.

Il presente studio è parte di un più ampio progetto di monitoraggio dell'esposizione agli agenti biologici dei lavoratori del settore metalmeccanico. Lo scopo della nostra ricerca è stato valutare il livello di inquinamento microbiologico ambientale causato dall'uso di fluidi lubrorefrigeranti come potenziale sorgente di pericolosi agenti biologici.

## 2. MATERIALI E METODI

Durante il turno di lavorazione, sono state eseguite campionature dell'aria in 7 ditte del settore metalmeccanico distribuiti sul territorio umbro. I campionamenti sono stati eseguiti nelle zone: macchine con utilizzo di olio da taglio, macchine senza l'utilizzo di FLR, uffici amministrativi ed ambiente esterno, in contemporanea con metodo attivo (GUERRERA *et al.* 2004; INAIL, 2005) e passivo (metodo IMA- PASQUARELLA *et al.*, 2000).

Tramite metodologia attiva sono stati rilevati i valori di :

carica batterica mesofila (batteri di probabile origine antropica);

carica batterica psicrofila (batteri di origine ambientale);

carica micetica.

I valori di carica batterica e micetica ottenuti con metodologia attiva sono stati espressi come UFC/m<sup>3</sup> (Unità formanti colonie/m<sup>3</sup>) e sono stati calcolati come media di tre determinazioni.

I valori di carica batterica psicrofila e di carica micetica sono stati interpretati facendo riferimento a fasce orientative di contaminazione dell'aria (intervalli di concentrazioni, espresse in UFC/m<sup>3</sup>), proposte dalla Commissione delle Comunità Europee (EUROPEAN COLLABORATIVE ACTION, 1993). E' necessario sottolineare che l'individuazione di tali fasce deriva da valori ottenuti sperimentalmente, e quindi il loro superamento non implica automaticamente l'instaurarsi di condizioni di pericolo o insalubrità. I valori ottenuti con campionamento attivo sono stati inoltre utilizzati per elaborare alcuni indici biologici specifici (DACARRO *et al.*, 2000) quali :

**IGCM**= indice globale di contaminazione microbica;

**ICM**= indice di contaminazione da batteri mesofili che consente, di valutare il contributo all'inquinamento da parte dei batteri di origine umana e animale, tra i quali possono essere presenti specie potenzialmente patogene;

**IA**= indice di amplificazione che permette di analizzare le differenze tra i livelli di contaminazione esterni ed interni, conseguenti alla attività lavorativa svolta (personale, macchine, materiali).

Valori di IGCM/m<sup>3</sup> inferiori a 500 vengono associati alla categoria di contaminazione microbica "molto bassa", mentre valori di IGCM/m<sup>3</sup> superiori a 1000 sono collegati ad una significativa contaminazione microbica ambientale.

I valori microbiologici ottenuti con campionamento passivo sono stati espresse come UFC (Unità Formanti Colonie). Per quanto riguarda i campionamenti passivi, i valori di UFC risultanti sono stati interpretati facendo riferimento alle 4 classi di rischio definiti dallo standard IMA (molto alto, alto,

medio, nullo). Le aziende del settore metalmeccanico state considerate ad alto rischio di contaminazione e il limite IMA non superabile è stato individuato in 50 UFC (unità formanti colonie). Le specie maggiormente comuni dei batteri psicrofilo, sono stati identificati mediante strumentazione e reagenti VITEK (Biomerieux). Le specie micetiche sono state identificate secondo metodica tradizionale (MALLOCH, 1981) utilizzando come reagente di contrasto il lattofenolo cotton blue (Mycoperm- Scientific Device Laboratory inc).

### 3. RISULTATI

#### 3.1. Risultati campionamento attivo

Nella zona macchine con oli la carica batterica mesofila media ( $69 \text{ UFC/m}^3$ ) ottenuta tramite campionamento attivo (Figura 1) è significativamente maggiore rispetto alle cariche mesofile medie registrate nella zona macchine senza oli ( $38 \text{ UFC/m}^3$ ) e all'esterno ( $27 \text{ UFC/m}^3$ ) ( $p \leq 0,05$ ).

La carica mesofila media è tuttavia massima all'interno degli uffici, dove la presenza antropica è maggiormente concentrata. Nel 67% delle aziende monitorate la carica psicrofila è significativamente maggiore nella zona macchine con olio rispetto agli uffici ( $p \leq 0,05$ ).

La carica fungina media nella zona macchine con oli risulta essere significativamente maggiore nella zona macchine con oli rispetto agli altri siti all'interno degli opifici.

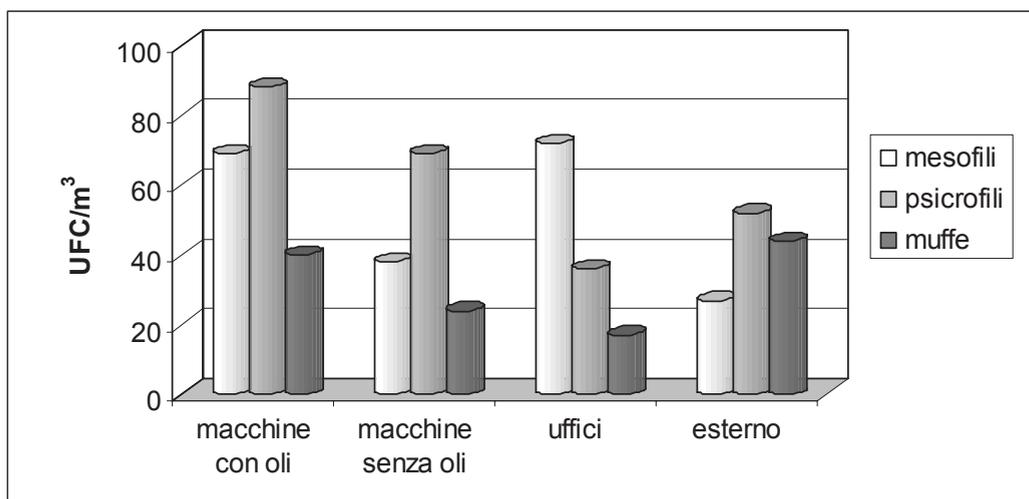


Figura 1- Cariche mesofile, psicrofile e fungine medie ottenute con campionamento attivo.

I valori di IGCM rilevati all'interno delle ditte all'esterno sono inferiori al valore soglia  $500 \text{ UFC/m}^3$ . L'83% degli uffici e il 64% dei reparti dove non vengono utilizzati oli da taglio, presenta valori di IGCM inferiori a  $200 \text{ UFC/m}^3$ .

Solo il 17% degli uffici raggiunge valori compresi tra  $400$  e  $500 \text{ UFC/m}^3$ , a causa dell'elevato apporto della componente mesofila (Figura 2)

Il 50% dei reparti con macchine che utilizzano olio da taglio è caratterizzato da valori di IGCM compresi tra  $200$  e  $500 \text{ UFC/m}^3$ . All'esterno degli opifici, l'83% dei campionamenti è inferiore a  $200 \text{ UFC/m}^3$ .

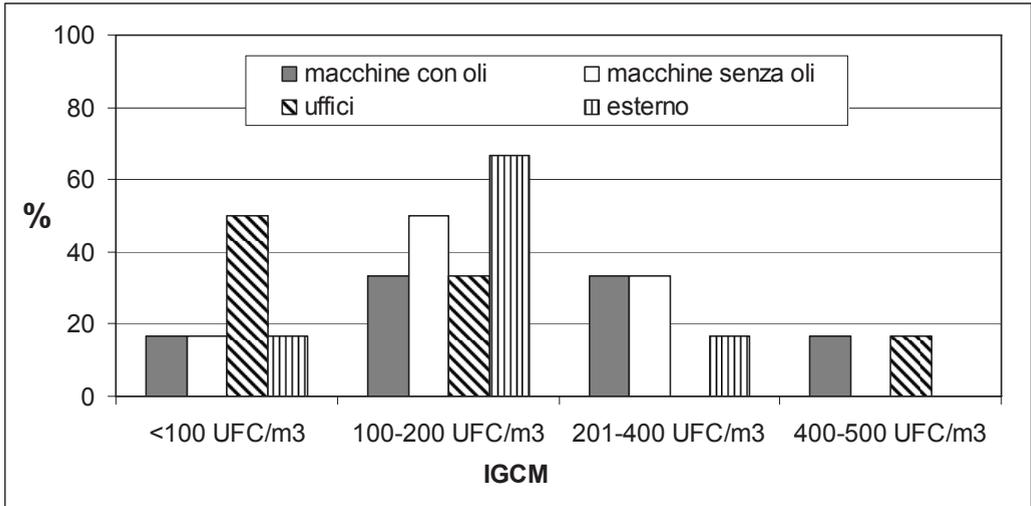


Figura 2- Distribuzione percentuale dei valori di IGCM.

### 3.2. Risultati campionamento passivo

Nella zona macchine con oli, i valori medi di carica microbica totale (Figura 3) ottenuti con metodologia passiva, sono superiori (72 UFC) al valore soglia scelto per le aziende del settore metalmeccanico (50 UFC). Nei reparti con macchine senza olio da taglio il valore medio di carica microbica totale (51 UFC) si approssima al valore soglia, mentre negli uffici è nettamente inferiore (24 UFC).

Il confronto tra i valori di carica microbica totale monitorate con metodologie passive e attive sono riportate nella Figura 3.

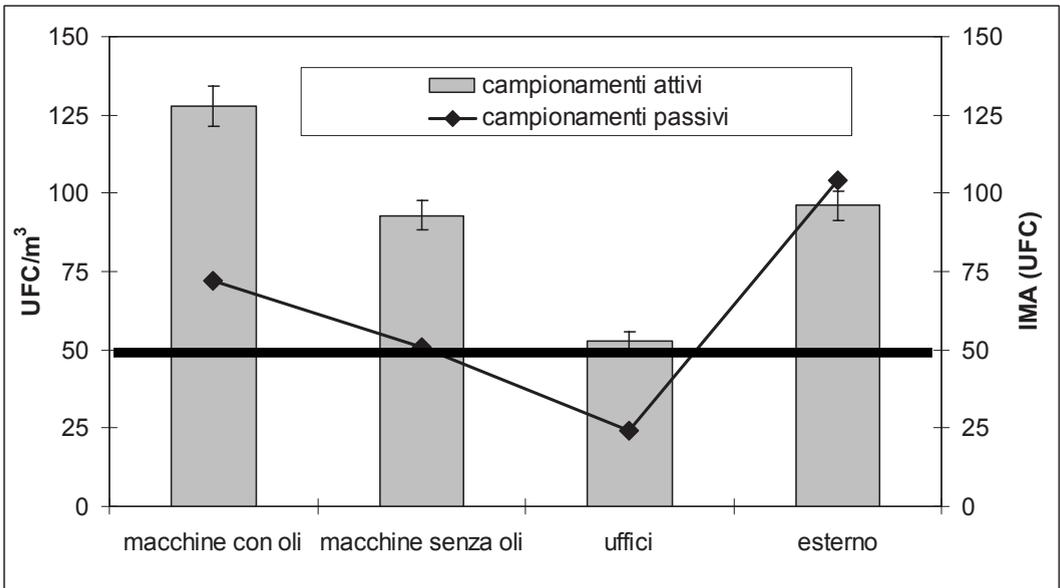


Figura 3. Confronto cariche microbiche totali (cariche psicrofile + cariche fungine) ottenute con campionamento attivo e passivo

Tabella 1- Generi fungini identificati

	Macchine con oli	Macchine senza oli	uffici	esterno
<i>Alternaria spp.</i>	6	1	0	3
<i>Aspergillus spp</i>	3	1	1	4
<i>Cladosporium spp.</i>	7	5	2	3
<i>Fusarium spp.</i>	1	1	0	1
<i>Paecylomices spp.</i>	1	1	1	1
<i>Penicillium spp.</i>	1	2	1	1
<i>Rhodotorula spp.</i>	1	0	1	0
<i>T.viridae</i>	1	0	0	0

I generi fungini identificati sono riportati nella Tabella 1.

I generi batterici principalmente presenti all'interno e all'esterno dell'opificio appartengono ai generi *Staphylococcus* e *Bacillus*. Nel 50% delle ditte sono stati isolati batteri appartenenti al genere *Pseudomonas*, principalmente nella zona macchine con oli e senza oli. In una ditta è stata riscontrata la presenza di *Micrococcus spp.*

#### 4. CONCLUSIONI

Le metodologie di campionamento applicate, anche se con grandezze diverse dei valori assoluti, hanno fornito risultati comparabili.

I dati microbiologici ottenuti con campionamenti attivi e passivi evidenziano come, all'interno delle aziende, la presenza di olio da taglio produca un significativo aumento dell'inquinamento microbico totale.

I **campionamenti attivi** hanno mostrato che nel 67% delle zone macchine con olio e nel 33% delle zone macchine senza olio, la carica psicrofila sia significativamente maggiore rispetto agli uffici ( $p \leq 0,05$ ). Anche la carica fungina media nella zona macchine con oli risulta essere maggiore nella zona macchine con oli rispetto agli altri siti all'interno degli opifici.

Nonostante che in tutti i reparti monitorati non venga mai superato il valore soglia di 500 UFC/m<sup>3</sup> proposto da Dacarro e dai suoi collaboratori, il 50% dei reparti con macchine che utilizzano olio da taglio è caratterizzato da valori di IGCM compresi tra 200 e 500 UFC/m<sup>3</sup>, mentre la maggioranza delle altre zone monitorate presenta valori di IGCM inferiori a 200 UFC/m<sup>3</sup>.

Considerando le fasce orientative proposte dalla Commissione delle Comunità Europee, nelle aziende monitorate i livelli di contaminazione microbica non superano la fascia "intermedia". Nel 50% delle aziende nella "zona macchine con olio" è presente una contaminazione psicrofila "intermedia". L'83 % delle zone macchine senza olio e il 100 % degli uffici mostrano invece una contaminazione psicrofila "bassa" o "molto bassa". La carica fungina nelle zone macchine con olio e macchine senza olio è "intermedia" nel 17% delle aziende monitorate.

All'esterno solo in alcune aziende la carica psicrofila e fungina ha raggiunto livelli intermedi.

Anche i **campionamenti passivi** evidenziano un maggior inquinamento microbico nella zona produttiva delle aziende: le cariche microbiche totali nelle zone macchine con olio e senza olio superano infatti il valore soglia IMA (50 UFC), mentre negli uffici tale valore non viene mai superato.

Le specie fungine maggiormente presenti nella zona macchine con oli e all'esterno appartengono ai generi *Alternaria*, *Apergillus*, *Cladosporium*. In particolare sono stati isolati funghi appartenenti

alle specie potenzialmente patogene *A. niger*, *A. candidus*, *A. fumigatus*, *A. flavus*, anche se in concentrazioni molto basse.

Il genere batterico maggiormente presente nei reparti è *Bacillus*. Nel 50% delle aziende sono stati isolati batteri appartenenti al genere *Pseudomonas*. La presenza di tale batterio nei campioni di olio da taglio e nel relativo bioaerosol ha numerosi riscontri in letteratura (WOSKIE *et al.*, 1996; KHAN & YADAV, 2004; FISHWICK *et al.*, 2005). Sono stati identificati anche batteri appartenenti e al genere *Micobacterium*. Anche questo genere è stato riscontrato spesso negli oli da taglio (SELVARAJU *et al.*, 2008) e presenta una particolare pericolosità in quanto è caratterizzato da una relativa resistenza ai biocidi normalmente utilizzati nei FLR. Per minimizzare il rischio di crescita batterica nei FLR e limitare l'emissione di bioaerosol nell'ambiente sarà necessario attuare nelle ditte monitorate delle procedure che richiedano una accurata pulizia dei serbatoi durante il cambio dell'olio da taglio. A causa inoltre dell'affinità della microflora alla fase acquosa sarebbe necessario utilizzare biocidi con un appropriato coefficiente di ripartizione tra fase acquosa e oleosa.

## BIBLIOGRAFIA

**A. I. Awosika- Olumo, K. L. Trangle, L.F. jr Fallon:** Microorganism-induced skin disease in workers exposed to metalworking fluids, 2003, *Occup Med (Lon)*, 53(1):35-40.

**M. Cyprowski, M. Piotrowska, Z. Zakowska, I. Szadkowska-Stanczyk:** Microbial and endotoxin contamination of water-soluble metalworking fluids, 2007, *Int J Occup Med Environ Health*, 20(4): 365-71.

**C. Dacarro, E. Grignani, L. Lodola, P. Grisoli, D. Cottica:** Proposta di indici microbiologici per la valutazione della qualità dell'aria degli edifici, 2000, *G. It. Med. Lav. Erg.*, 22(3):229-235.

**J. Douwes, P. Thorne, N. Pearce, D. Heederik:** Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. 2003, *Ann Occup.Hyg.*, 47(3):187-200.

**European Collaborative Action:** Indoor air quality and its impact on man: Biological particles in indoor environments, 1993, report n°12.

**J.O. Falkinham 3<sup>rd</sup>:** Nontuberculous mycobacteria in the environment, 2002, *Clin Chest Med.*, 23(3): 529-51.

**D. Fishwick, P. Tate, J. Elms, E. Robinson, B. Crook, F. Gallagher, R. Lennox, A. Curran:** Respiratory symptoms, immunology and organism identification in contaminated metalworking fluid workers. What you see is not what you get, 2005, *Occup Med (lond)*, 55(3): 238-41.

**E. Guerrera, L. Frusteri, R. Giovinazzo R., M. Mariani, L. Pitzurra :** Il rischio biologico nel settore delle falegnamerie in Umbria: risultati preliminari, 2004, *Atti del 3° Seminario Contare:* 355-361

**A.Gupta ,K.D. & Rosenman :** Hypersensitivity pneumonitis due to metal working fluids: sporadic or under report, 2006, *Am.J.Ind.Med.*, 49(6):423-33.

**M.J. Hodgson, A .Bracker , C. Yang, E. Storey , B.J. Jarvis , D. Milton ,Z. Lummus , D. Bernstein , S.Cole :** Hypersensitivity pneumonitis in a metal-working environment, 2001, *Am J Ind Med*, 39(6): 616-28.

**INAIL:** Monitoraggio microbiologico negli ambienti di lavoro – Campionamento e analisi, 2005, Linee guida INAIL-CONTARP, Roma.

**I. Karadzic , A. Masui , L.I. Zivkovic , N. Fujiwara :** Purification and characterization of an alkaline lipase from *Pseudomonas aeruginosa* isolated from putrid mineral cutting oil as component of metalworking fluids, 2006, J Biosci Bioeng , 102 (2):82-9.

**I. U. Khan, J. S. Yadav:** Real-time PCR assays for genus-specific detection and quantification of culturable and non-culturable mycobacteria and pseudomonads in metalworking fluids, 2004, Mol Cell Probes, 18(1): 67-73.

**V. Liebers, T. Bruning, M. Raulf-Heimsoth:** Occupational endotoxin-exposure and possible health effects on humans, 2006, Am. J. Ind. Med, 49:474-491.

**A.H. Liu :** Endotoxin exposure in allergy and asthma: reconciling a paradox, 2002, J Allergy Clin Immunol, 109:379-392.

**D.W Malloch:** Moulds, their isolation, cultivation and identification, 1981, University of Toronto Press, Toronto, 76 pp.

**D. Park , B. Choi , S. Kim ,H. Kwag , K. Joo, J. Jeong:** Exposure assessment to suggest the cause of sinusitis developed in grinding operations utilizing soluble metalworking fluids., 2005, J Occup Health, 47(4): 319-26.

**C. Pasquarella, O. Pitzurra , A. Savino :** The index of microbial air contamination, 2000, *J. Hosp. Inf*, 46:241-256.

**S.B. Selvaraju, I.U. Khan, J.S. Yadav:** Differential biocide susceptibility of the multiple genotypes of *Mycobacterium immunogenum*, 2008, J.Ind Microbiol Biotechnol , 35(3):197-203.

**A.T. Simpson , M. Stear , J.A. Groves , M. Piney , S.D.Bradley, S. Stagg , B. Crook :** Occupational exposure to metalworking fluid mist and sump fluid contaminants, 2003, Ann Occup Hyg, 47 (1): 17-30.

**S. Ueno, Y. Shiomi , K. Yokota:** Metalworking fluid and dermatitis, 2002, Ind Health, 40 (3): 291-3.

**M.A. Virji , S.R. Woskie , S.R. Sama , D. Kriebel , D. Eberiel :** Identifying the determinants of viable microorganisms in the air and bulk metalworking fluid, 2000, AIHAJ, 61(6):788-97.

**S.R. Woskie , M.A. Virji, D. Kriebel, S.R- Sama, D. Eberiel , D.K. Milton, S.K. Hammond, R. Moure-Eraso:** Exposure assessment for a field investigation of the acute respiratory effects of metalworking fluids. I. Summary of findings, 1996, Am Ind Hyg Assoc J, 57(12):1154-62.



# SISTEMA DI GESTIONE INFORMATIZZATO DELLE PRATICHE CONTARP IN TOSCANA

P. GUIDELLI<sup>1</sup>, C. BRESCHI<sup>2</sup>, S. D'AGLIANO<sup>2</sup>, L. GAMBACCIANI<sup>2</sup>, D. GILIONI<sup>2</sup>, A. MACIOCE<sup>2</sup>, M. MAMELI<sup>2</sup>, D. MARZANO<sup>2</sup>, E. MASTROMINICO<sup>2</sup>, E. NUCARO<sup>2</sup>, F. PINI<sup>2</sup>, S. TRAMUTO<sup>2</sup>, L. VALORI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INAIL – Direzione Regionale Toscana - Consulenza per l'Innovazione Tecnologica

<sup>2</sup> INAIL – Direzione Regionale Toscana – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## RIASSUNTO

Il lavoro presenta il prodotto informatico realizzato dalla CIT Toscana per supportare le attività di gestione documentale della CONTARP regionale. In particolare, il nuovo sistema, attualmente in fase di test, è finalizzato all'ottimizzazione delle varie fasi di gestione delle richieste di parere che arrivano alla CONTARP, dalla presa in carico da parte della struttura, all'assegnazione delle stesse ai professionisti, all'archiviazione delle relazioni, dei pareri e di tutti gli altri atti formali prodotti (quali fotografie, filmati, documenti scansionati).

## SUMMARY

The paper presents the software realized by Toscana CIT to support the activities of CONTARP database management. The aim of the new system, under testing, is to optimize the various steps involved in the management of the CONTARP dossiers: from the office receiving, to the assignment to the professional and to the final filing of reports, advices and all the other data produced (such as photographs, videos, scanned documents).

## 1. PREMESSA

La necessità di migliorare la reperibilità e la diffusione delle informazioni in possesso dei professionisti della CONTARP regionale al fine di esercitare le proprie funzioni con maggiore qualità, efficacia ed efficienza, ha fatto nascere l'esigenza di creare un sistema di gestione documentale volto ad ottimizzare le attività di catalogazione, organizzazione e consultazione dell'archivio comune e degli archivi dei singoli professionisti, attualmente disponibili solo in forma cartacea.

Tale sistema permetterà la fruizione dei documenti attraverso un unico punto di accesso, in modo da evitare la duplicazione degli archivi e creare un *repository* centrale di tutte le informazioni, che verranno gestite secondo logiche condivise da tutte le persone che dovranno utilizzare quelle informazioni.

La realizzazione dell'archivio è partita da un'analisi della situazione esistente condotta dalla CIT, che ha consentito di mettere a fuoco l'importanza delle varie aree di conoscenza, le attuali modalità di "immagazzinamento" delle informazioni, lo stato dei sistemi informativi e tecnologici su cui operare.

Ciò ha richiesto il coinvolgimento attivo di tutto il personale interessato (coordinatore, consulenti, personale amministrativo), che, nel corso di alcuni incontri con la CIT, ha potuto chiarire il proprio ruolo nel flusso operativo ed esplicitare le proprie necessità ed esigenze in merito alla trattazione e alla consultazione della documentazione conservata in archivio, rendendo disponibili le proprie competenze nei processi specifici.

Sono state così stabilite le regole di immissione e selezione delle informazioni da archiviare e distribuire, è stata stabilita la forma dei contenuti dell'archivio e sono stati individuati i ruoli e i processi per la messa a sistema, la diffusione e il mantenimento di tutte le informazioni da trattare.

Le principali funzionalità richieste al sistema sono state:

- la possibilità di classificare tutti i documenti adottando differenti criteri logici, quali ad esempio la tipologia di pratica, la cronologia, il consulente titolare della trattazione, ma anche la ragione sociale della ditta o il nominativo del lavoratore a cui la pratica fa riferimento;

- la possibilità di consultare in contemporanea lo stesso documento da parte di più utenti;
- la garanzia dei livelli di sicurezza, affinché l'accesso ai documenti sia riservato solo al personale CONTARP;
- la differenziazione del livello di accesso alle informazioni sulla base dello specifico profilo operativo (coordinatore, consulente, personale amministrativo);
- la possibilità di monitorare lo stato di avanzamento delle pratiche;
- l'acquisizione e l'associazione di documenti non solo cartacei, ma anche in formato immagine o video.

## 2. IL NUOVO SISTEMA DI GESTIONE DOCUMENTALE

La procedura finora utilizzata è del tipo stand alone<sup>1</sup> realizzata in DB III, mentre la nuova applicazione è un'applicazione web accessibile da tutte le postazioni INAIL, a seguito dell'identificazione dell'utente e del relativo profilo operativo, è collegata ad un DB Access (facilmente migrabile ad Oracle) e prevede la gestione sia della parte documentale attraverso la memorizzazione in campi blob<sup>2</sup> di immagini di documenti a fronte della scansione degli stessi, sia la corretta memorizzazione di quella parte delle pratiche già in formato digitale (word, excel, tutte le forme di immagini, file compressi etc.).

I campi blob sono collegati sia alla parte di richiesta di parere sia all'area dedicata alla gestione del parere stesso, oltre che alle aree dell'applicazione dedicate alla gestione dei dati distintivi del datore di lavoro e del lavoratore.

Il modello proposto, il cui schema di flusso è rappresentato nella Figura 4 riportata in fondo al presente paragrafo, si basa sulla segmentazione dei diversi destinatari delle informazioni (segreteria amministrativa, coordinatore CONTARP, professionisti CONTARP) al fine di garantire un'offerta di informazioni differenziata e specifica per le diverse attività.

In Figura 1 è visibile la schermata relativa ad una pratica assegnata al professionista. La parte superiore viene compilata dalla segreteria, mentre la parte inferiore viene aggiornata dal professionista.

Nel caso ad esempio di una richiesta di parere per accertamento di rischio in malattia professionale, il consulente compilerà la parte relativa alle "Aziende" inserendo le eventuali aziende in cui l'assicurato ha prestato servizio oltre a quella da cui proviene la denuncia di malattia professionale. Nella parte "Relazioni" sarà invece possibile seguire l'avanzamento dello stato della pratica: in essa il consulente inserirà la data di presa in carico della pratica e annoterà tutti i passaggi della sua trattazione, inserendo le informazioni sul sopralluogo tecnico, l'eventuale materiale fotografico o documentale e, alla fine, il parere emesso.

Nella Figura 2 è evidenziata la schermata che il professionista (o il coordinatore) potrà visionare per aggiornarsi sul proprio carico di lavoro e sullo stato di ogni singola pratica assegnata, mentre nella Figura 3 è riportata la schermata relativa alla ricerca di pratiche di classificazione a tariffa o di ricorsi al Consiglio di Amministrazione in tema classificativo.

Sarà possibile ricercare tutti i pareri in archivio relativi ad una determinata azienda, oppure la ricerca potrà essere effettuata per gestione e successivamente per Grande Gruppo tariffario o infine per specifica voce di Tariffa.

Analogamente, nei casi di malattia professionale, sarà possibile ricercare i pareri in archivio per tipo di malattia o per mansioni.

<sup>1</sup> Si tratta di un programma può funzionare senza che siano richiesti altri componenti.

<sup>2</sup> Il termine blob è l'acronimo di Binary Large Object. I campi di tipo blob sono destinati alla memorizzazione di dati di grandi dimensioni in formato binario non direttamente interpretabile dal database (ad es. immagini grafiche, audio, programmi applicativi, ecc.) e possono contenere fino a diversi gigabyte a seconda del database utilizzato

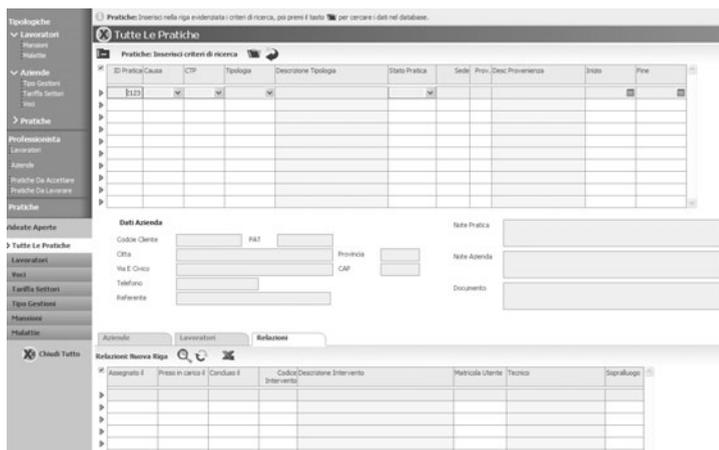


Figura 1: Schermata relativa ad una pratica in carico al professionista

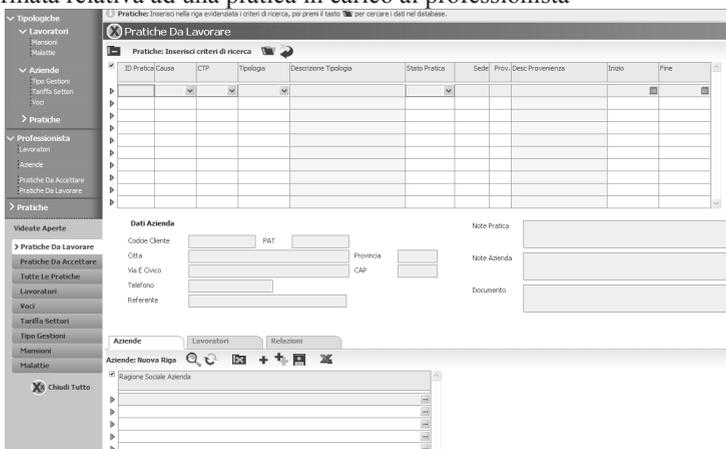


Figura 2: Schermata delle pratiche da lavorare

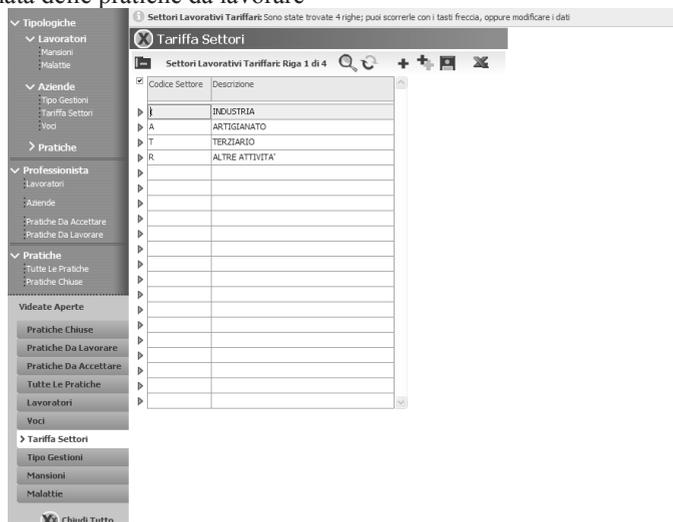


Figura 3: Schermata per la ricerca delle pratiche in archivio.

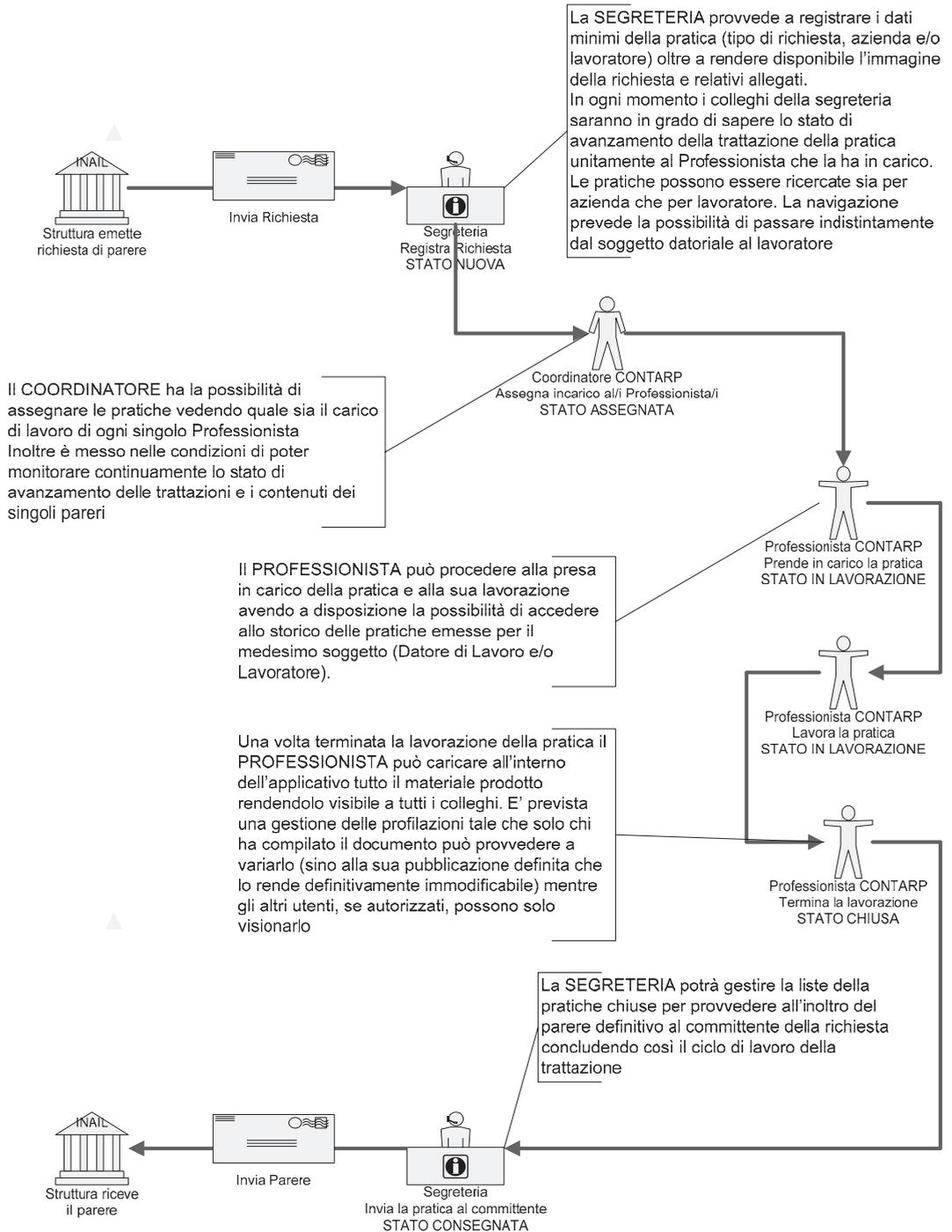


Figura 4: Schema di flusso

### 3. I VANTAGGI ATTESI

Un archivio informatico così strutturato potrà senza dubbio migliorare, tramite una maggiore fruibilità delle informazioni, il lavoro dei professionisti della CONTARP.

In particolare, i vantaggi attesi dalla Consulenza possono essere sintetizzati in:

- miglioramenti funzionali, ovvero
  - riduzione della produzione cartacea e contenimento degli archivi fisici,
  - diminuzione delle ridondanze nei processi di trasferimento e scambio delle informazioni,
  - tracciabilità di tutti i materiali archiviati,
- miglioramenti organizzativi, ovvero
  - diminuzione dei tempi di ricerca e reperimento dei documenti,
  - maggiore diffusione delle informazioni con conseguente riduzione dei tempi di trattazione e maggiore garanzia di uniformità nella trattazione di una stessa tipologia di pratica,
  - possibilità di rilevare informazioni di dettaglio sul processo di trattazione delle varie tipologie di pratica (ad es., numero di pratiche in lavorazione per una certa tipologia e relativi tempi di trattazione).

Il sistema fin qui illustrato, che attualmente è in fase di test, ben si inserisce nel processo di informatizzazione della P.A. e della CONTARP in particolare e sicuramente costituirà un efficace supporto per le attività dei professionisti.



# **ACCERTAMENTO DEL RISCHIO DI ESPOSIZIONE A SILICE CRISTALLINA: LE ATTIVITA' DI STUDIO E RICERCA DELLA CONTARP**

E. INCOCCIATI, C. KUNKAR, P. LA PEGNA, M. MECCHIA, D. RUGHI  
INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

L'accertamento del rischio di esposizione professionale a silice cristallina e la gestione del premio supplementare silicosi rientrano tuttora tra i compiti istituzionali affidati alla nostra Consulenza.

Negli ultimi anni, anche per effetto dell'adesione al Network Italiano della Silice costituitosi su impulso del Coordinamento Tecnico delle Regioni e Province Autonome, la CONTARP ha intrapreso una serie di nuove attività di studio e di ricerca mirate alla duplice finalità di miglioramento dei criteri e metodi adottati per la valutazione del rischio professionale, e di definizione dei possibili interventi di prevenzione e protezione nei comparti a maggior rischio di esposizione. Il lavoro illustra il dettaglio e lo stato di avanzamento di tali attività.

## **SUMMARY**

Among institutional tasks carried out by CONTARP (Risk Assessment and Prevention Technical Advisory Office) there is the management of the extra premium that establishments employing silica in their production cycle have to pay to INAIL (The Workers Compensation Authority). Since 2002 CONTARP adheres to NIS (Italian Network of Silica) and in the last years has undertaken new research activities in the field of silica risk assessment and of prevention and safety at work.

## **1. INTRODUZIONE**

L'accertamento del rischio di esposizione professionale a silice cristallina e la gestione del premio supplementare silicosi rientrano da sempre, e sono tuttora ricompresi, tra i compiti istituzionali della CONTARP.

Nel 2002 l'INAIL e, in particolare, la nostra Consulenza, nelle sue componenti centrale e regionale, hanno aderito al Network Italiano della Silice (NIS) costituito da Coordinamento Tecnico delle Regioni e Province Autonome, ISPESL, ISS, diverse ASL e centri di ricerca scientifica. I principali obiettivi di lavoro del Network furono, sin dalla sua costituzione, quelli di formulare linee guida condivise in tema di sorveglianza sanitaria, metodiche di campionamento e analisi, misure di prevenzione e protezione, e di intraprendere iniziative di studio e valutazione del rischio sulla base di indagini epidemiologiche.

Dal confronto dei propri metodi di lavoro e criteri di intervento con quelli gli altri soggetti aderenti al NIS, negli ultimi anni la CONTARP ha quindi intrapreso una serie di nuove attività di studio e di ricerca. Queste, oltre a conferirle visibilità e riscontri più che positivi da parte delle principali Istituzioni operanti a livello nazionale, gettano le basi per un possibile futuro ampliamento degli ambiti di azione della CONTARP nel campo della valutazione del rischio professionale, momento imprescindibile rispetto alla definizione di ogni possibile intervento di prevenzione e protezione.

## **2. ATTIVITA' DI STUDIO E RICERCA**

### **2.1 Circuiti di intercalibrazione**

La norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (ISO/IEC 17025:2005) sancisce che tra le possibilità che i laboratori di prova e di taratura hanno a disposizione per verificare la propria competenza vi è la partecipazione a confronti interlaboratorio (CI) e a programmi di Proficiency Testing (PT).

E' noto che i confronti interlaboratorio sono condotti essenzialmente allo scopo di valutare le caratteristiche di performance di un metodo analitico ossia di metterlo a punto e validarlo. I programmi PT, invece, mirano a caratterizzare, monitorandolo nel tempo, il livello di *performance* dei laboratori rispetto alla esecuzione di test o misurazioni specifiche. Ciò allo scopo di identificare le criticità in tema di competenza dello staff degli analisti, dotazione strumentale e procedure di conduzione di test e di misure per intraprendere, ove richiesto, tutte le azioni di rimedio ritenute utili a conseguire nel tempo un più elevato livello di performance.

Sulla scorta dell'esperienza maturata partecipando attivamente ai gruppi di lavoro costituitisi in ambito NIS e delle esigenze manifestate da un certo numero di laboratori che, nel nostro paese, effettuano il dosaggio della silice libera cristallina su campioni di polveri aerodisperse, il Laboratorio di Igiene Industriale della CONTARP ha progettato e condotto, tra il 2006 e il 2008, due CI con la finalità di conoscere i protocolli analitici utilizzati a livello nazionale per questo tipo di determinazioni e di valutare l'entità di alcuni parametri di validazione (tra cui il LOD, il LOQ e l'incertezza di misura) del metodo diffrattometrico<sup>1</sup>.

Attualmente il Laboratorio di Igiene Industriale della CONTARP sta pianificando un programma di PT finalizzato alla valutazione delle performance di 25 laboratori italiani che effettuano analisi diffrattometriche della SLC. La valutazione sarà effettuata secondo i criteri stabiliti dalla ISO/IEC CD 17043 (ISO/IEC CD 17043: 2008), norma sulla base della quale andranno scelti opportuni indicatori di performance. Il PT dovrà essere articolato per round successivi in modo tale che, con cadenza temporale predeterminata e concordata con i partecipanti, ogni laboratorio riceva un set di campioni a contenuto incognito di quarzo (e di quarzo in matrice) da analizzare per via diffrattometrica. Sulla base dei risultati ottenuti dall'analisi quantitativa del misurando, a ciascun laboratorio verrà notificato il livello di performance conseguito a seguito di opportuna elaborazione statistica dei dati. Nel complesso i prossimi circuiti assumeranno a modello, salvo le necessarie modifiche del caso, il circuito WASP (Workplace Analysis Scheme for Proficiency) gestito, nel Regno Unito, dall'HSL (Health and Safety Laboratory) su mandato dell'HSE (Health and Safety Executive).

## 2.2 Gruppo di Lavoro ISO

Nel 2004 si è costituito il gruppo di lavoro *ISO TC146 / SC2 / WG7 - Air Quality / Workplace Air / Working Group for Silica* al quale hanno aderito esperti rappresentanti di Gran Bretagna, Sud Africa, Norvegia, Francia, Belgio, Kenia, Ungheria, Stati Uniti, Canada, Germania, Spagna, Corea e Italia. Tra le iniziative che esso ha assunto vi è una serie di linee di ricerca a carattere sperimentale aventi la finalità di rendere confrontabili tra loro i risultati di misure condotte seguendo i protocolli d'analisi adottati in diversi paesi, valutandone il livello di riproducibilità.

Il gruppo di lavoro ha approvato le ultime modifiche alla bozza della ISO/DIS 24095 (ISO 24095) pervenute dai diversi Enti nazionali di standardizzazione, e si è pertanto arrivati all'approvazione definitiva del testo che attualmente rappresenta la sintesi migliore di tutti i fattori che possono avere influenza sul risultato di una misurazione. La norma tecnica, infatti, entra nel merito della scelta dei dispositivi per il campionamento delle frazioni granulometriche di interesse sanitario, dei materiali standard di riferimento, dei criteri per la costruzione delle rette di calibrazione, dei controlli sistematici della strumentazione e della interpretazione dei risultati. Inoltre, essa formula gli accorgimenti da adottare nelle procedure operative per tenere sotto controllo tali fattori.

Il gruppo di lavoro segue con interesse l'evoluzione, nei diversi paesi aderenti, delle attività di redazione e di revisione delle metodiche. Per esempio, è in preparazione la revisione del metodo inglese MDHS101 per ciò che attiene alla valutazione dell'effetto matrice e alla relativa influenza sul risultato dell'analisi, mentre sono in fase di stesura il metodo d'analisi tedesco (che dovrebbe

<sup>1</sup> Le risultanze di tali circuiti sono consultabili al seguente link:

[http://www.inail.it/Portale/appmanager/portale/desktop?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=PAGE\\_SICUREZZA&nextPage=Studi\\_e\\_ricerche/prodotti/info-1597448672.jsp](http://www.inail.it/Portale/appmanager/portale/desktop?_nfpb=true&_pageLabel=PAGE_SICUREZZA&nextPage=Studi_e_ricerche/prodotti/info-1597448672.jsp)

prevedere l'analisi DRX di tre picchi diagnostici del quarzo e l'uso di un software per l'individuazione delle interferenze indotte da altre fasi compresenti), e il metodo italiano UNICHIM (cfr paragrafo 2.5). Nel futuro dovrebbe essere prodotto un metodo ISO che rappresenterebbe il momento di sintesi delle esperienze maturate nei diversi paesi coinvolti.

Infine è stato proposto un confronto di analisi interlaboratorio fra i partecipanti al WG7 utilizzando filtri caricati con polvere proveniente dalle miniere del Sud Africa: le maggiori difficoltà sperimentali a riguardo saranno presumibilmente connesse alla presenza di fasi interferenti con il quarzo.

### 2.3 Le misure di prevenzione primaria nei comparti a maggior rischio di esposizione

Da qualche anno la CONTARP partecipa ai lavori di alcuni gruppi di studio costituiti in ambito NIS con la finalità di elaborare un manuale di "Misure di Prevenzione Primaria" per i settori caratterizzati da un più elevato rischio di esposizione professionale a silice, ossia dei comparti: ceramiche (produzione di piastrelle e sanitari), fonderie, edilizia, gallerie e lapidei.

Gli elaborati, predisposti anche per un percorso d'approvazione come "Buone Prassi", hanno la finalità di fornire un quadro aggiornato delle misure di prevenzione e di buona pratica per l'applicazione dei riferimenti normativi in tema di esposizione professionale a silice cristallina e costituiscono, in termini di sistematizzazione e di approfondimento, la sintesi dell'esperienza maturata sul campo dai soggetti aderenti al NIS e un punto di riferimento per quanti debbano intraprendere azioni o elaborare interventi mirati al controllo dell'esposizione a silice libera cristallina.

L'articolazione dei manuali è la seguente:

- descrizione del ciclo tecnologico;
- dati di esposizione professionale e relativa elaborazione statistica;
- individuazione delle fasi lavorative maggiormente critiche e delle priorità di intervento;
- indicazione delle misure di prevenzione adottabili seguendo la selezione delle priorità e, per alcune di queste, definizione dettagliata in schede, con le specifiche tecniche delle misure ed i riferimenti bibliografici.

Il Coordinamento Tecnico delle Regioni ha promosso e gestito la divulgazione dei documenti elaborati rispetto ai quali è in attivazione una fase di verifica (cfr. paragrafo 2.4)<sup>2</sup>.

### 2.4 Il progetto "Monitoraggio Silice Italia"

Su proposta del Coordinamento Tecnico delle Regioni è stato avviato il Progetto "Monitoraggio Silice Italia" per la realizzazione di una rilevazione in ambito nazionale dei risultati delle azioni di prevenzione del rischio da silice cristallina messe in atto dalle aziende nei comparti a maggior rischio di esposizione.

La rilevazione sarà attuata tramite l'analisi dei dati messi a disposizione dalle parti sociali interessate e una nuova campagna di monitoraggi ambientali.

Nella prima fase si eseguirà un monitoraggio delle misure di prevenzione primaria con l'obiettivo di verificare il livello di attuazione delle misure da parte delle aziende in modo da poter garantire, nel tempo ed in base a criteri di priorità, l'abbassamento dei livelli di esposizione nei sei comparti per i quali sono state definite le indicazioni di prevenzione primaria. Una volta portata a termine tale attività, per la quale è prevista la collaborazione anche con le parti sociali, la stessa potrà essere estesa anche ad ulteriori comparti per i quali sia documentato il rischio di esposizione a silice cristallina. Tale fase di lavoro prevede la predisposizione di una banca dati delle soluzioni adottate nei diversi comparti produttivi.

Nella seconda fase dovrà essere valutata l'efficacia delle misure di prevenzione attraverso la determinazione, secondo le indicazioni fornite dalle linee guida NIS in tema di igiene industriale,

<sup>2</sup> I Manuali relativi alla *Misure di prevenzione primaria* nei sei comparti a rischio sono consultabili al seguente link: [http://www.trentinosalute.net/context\\_nis01.jsp?ID\\_LINK=796&area=171](http://www.trentinosalute.net/context_nis01.jsp?ID_LINK=796&area=171)

dei livelli di esposizione professionale, prima e dopo l'applicazione delle misure stesse. Lo strumento operativo per l'attuazione dell'obiettivo è il repertorio delle esposizioni attraverso una progressiva raccolta dei dati correlata all'evoluzione della attuazione delle misure, a seguito di una prima rilevazione aziendale finalizzata alla costituzione di una serie storica di partenza.

In tale contesto la CONTARP sarà coinvolta prevalentemente nella elaborazione di:

- schede di rilevamento dei dati connesse alla fasi di monitoraggio;
- check list per la rilevazione, in base a priorità, delle misure di prevenzione primaria;
- un protocollo di igiene industriale in cui siano dettagliati, sulla base dei livelli di inquinamento riscontrabili negli ambienti di lavoro, i dispositivi e le strategie da applicare in fase di campionamento.

## **2.5 Il metodo d'analisi UNICHIM per il dosaggio diffrattometrico della silice cristallina in campioni aerodispersi**

Da alcuni mesi la CONTARP partecipa alla elaborazione di un metodo UNICHIM per il dosaggio diffrattometrico della silice cristallina in campioni aerodispersi. Si tratta sostanzialmente della stesura di un metodo avente carattere di norma tecnica nazionale. Alle attività del Gruppo di Lavoro UNI "Agenti chimici" - sottogruppo Polveri - costituito appositamente per l'elaborazione di questo metodo, partecipano, tra gli altri, il Dipartimento di Igiene del Lavoro dell'ISPESL e il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Ferrara, con cui il nostro Laboratorio sta attivando una collaborazione sperimentale mirata alla validazione del metodo stesso. Recentemente sono stati individuati nel dettaglio tutti gli aspetti del campionamento e dell'analisi della silice cristallina, aspetti che il metodo dovrà elaborare in modo puntuale ed esaustivo. In particolare è stato concordato che il documento:

- prenda in esame l'impiego della sola tecnica d'analisi della diffrazione di raggi X;
- consideri, quale oggetto di analisi, le fasi cristalline quarzo e cristobalite della silice;
- preveda solo l'analisi diretta su filtro e non i metodi che comportano la rideposizione del particolato su una seconda membrana filtrante;
- assuma a riferimento, per la sezione relativa al campionamento del particolato, il metodo gravimetrico n° 2010 di UNICHIM (UNICHIM n° 2010, 2006).

## **2.6 Il gruppo di lavoro UNI "Incertezza di misura e metodi decisionali"**

La nostra legislazione non ha ancora definito un valore limite di esposizione professionale a silice per cui, nei casi in cui si effettua una valutazione del rischio fondata sull'esito di campionamenti personali, solitamente si fa riferimento al TLV-TWA dell'ACGIH. Nei casi in cui si definisce un valore limite di esposizione cui far riferimento, si impone anche la valutazione dell'incertezza di misura ossia del livello di dispersione dei valori ragionevolmente attribuibili al misurando. Infatti, è chiaro che sia la definizione dell'incertezza di misura sia la quantificazione del suo valore, eseguite secondo le indicazioni previste dalle norme, rivestono importanza fondamentale nel formulare e adottare criteri idonei a giudicare la conformità del risultato ottenuto al requisito specificato per l'oggetto della prova e/o misurazione.

Questo aspetto - di basilare importanza per i riflessi economici, sociali e giuridici che comporta - non è stato posto pienamente in luce nei documenti CEN: esso è infatti considerato ed esplicitamente richiamato, ma non sono individuati con altrettanta chiarezza i principi e l'articolazione cui l'estensore deve attenersi nell'elaborazione del testo normativo, al fine di proporre adeguati metodi decisionali che consentano di formulare il giudizio di conformità in presenza dell'incertezza di misura e a fronte del valore quantitativo ad essa assegnato. Il Gruppo di Lavoro "Metodi decisionali", istituito *ad hoc* dalla Commissione Centrale Tecnica dell'UNI cui anche la CONTARP-INAIL aderisce, si propone di colmare questa lacuna, allo scopo di:

- fornire a tutte le Commissioni Tecniche dell'UNI e degli Enti Federati, nonché ai Comitati Tecnici del CEI, idonee indicazioni e criteri uniformi e condivisi per il futuro lavoro di elaborazione delle norme tecniche volontarie che fanno riferimento a prove e/o misurazioni;

- predisporre una opportuna strategia per la revisione delle norme in vigore alle quali le indicazioni e i criteri elaborati possano e/o debbano applicarsi;
- avviare un'azione in sede internazionale (CEN/CENELEC), affinché tali indicazioni e criteri siano recepiti e adottati in ambito comunitario.

## **BIBLIOGRAFIA**

ISO/IEC 17025:2005 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

ISO/IEC CD 17043: 2008 - Conformity Assessment-General Requirements for Proficiency Testing

ISO 24095 Workplace air - Guidance for the measurement of respirable crystalline silica (TC 146/SC2 WG7 N029)

UNICHIM n° 2010 - Ambienti di lavoro: determinazione della frazione respirabile delle particelle aerodisperse - edizione 2006



# **SVILUPPO DI UNO STRUMENTO DI VALUTAZIONE DELLA CULTURA DELLA SICUREZZA NELLE PMI AI FINI DELLA PREVENZIONE DEI RISCHI LEGATI ALL'ORGANIZZAZIONE**

R. LUZZI<sup>1</sup>, G. FOIS<sup>1</sup>, M. DEMICHELIA<sup>2</sup>, N. PICCININI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAIL - Direzione Regionale Piemonte - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>SAFeR- Centro Studi su Sicurezza, Affidabilità e Rischi - Dip. Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica - Politecnico di Torino

## **RIASSUNTO**

Nell'ottica di sperimentare soluzioni innovative e strumenti di natura organizzativa e gestionale ispirati ai principi di responsabilità sociale delle imprese, il progetto di ricerca descritto nel presente articolo si pone come obiettivo la realizzazione di un modello per la valutazione quantitativa della cultura della sicurezza nelle piccole e medie imprese, prendendo in considerazione tutti i fattori, interni ed esterni ad un ambiente di lavoro, che possano determinare le condizioni favorevoli per il verificarsi di incidenti, quasi incidenti e infortuni: uno strumento che permetta di definire misure preventive mirate.

Da studi pregressi finalizzati alla prevenzione, condotti in collaborazione tra il Politecnico di Torino e l'INAIL, è risultato che, per un gran numero di infortuni esaminati, la relazione causa - conseguenza sia dinamica e non lineare. Questa non linearità appare dipendente soprattutto da fattori organizzativi e gestionali, quali il livello di cultura della sicurezza, la presenza di rischi "sfumati", come i rischi psicosociali (condizioni contrattuali precarie, turni di lavoro stressanti, ecc.), la gestione stessa della sicurezza in azienda, formalizzata in un SGSL o meno. Le informazioni relative ai suddetti fattori sono spesso qualitative, imprecise e le procedure di raccolta di dati relativi ai fattori organizzativi e gestionali sono carenti.

Pertanto il progetto di ricerca prevede la messa a punto di un sistema di raccolta delle informazioni per l'approfondimento delle dinamiche infortunistiche, con lo scopo di evidenziare i fattori organizzativi e gestionali che hanno contribuito all'incidente per costruire un modello di valutazione quantitativa.

Il risultato atteso da questo studio è uno strumento metodologico (concretizzato in un software applicativo informatico) che consenta alle aziende che vorranno utilizzarlo a fini preventivi, di effettuare valutazioni riguardanti la cultura della sicurezza nell'ambiente di lavoro, la gestione della sicurezza; permetta, inoltre, di individuare gli interventi migliorativi e valutarne l'effettiva efficacia.

## **SUMMARY**

With the aim of testing innovative solutions and tools for company management, inspired by the principles of social responsibility, the research project describe in this paper has the objective of developing a model for the quantitative assessment of the safety culture in SMEs, able to keep into account the factors, both internal and external, of the work environment that could bring to an occupational accident or a near-miss.

From previous collaborative studies between Politecnico di Torino and INAIL, it arises that a great number of the occupational accidents analyzed the relation cause-consequence is not linear, but dynamic. This due mainly to the management and organizational aspects as the safety culture, the psycho-social risks (as stress, work conditions and so on), the safety management, formalized or not in a safety management system.

The information related to these aspects are often qualitative, imprecise and the procedure for the organizational factors data collection are lacking.

Thus the research project deals with the development of a system for the data collection about occupational accident dynamic, with the aim of highlighting the management and organizational

factors that can trigger an accident, with the final objective of building a model for the quantitative assessment of the risk.

The final result will be the development of a methodological tool (realized in a software) allowing the companies that would like to use it for preventive reasons, to assess their safety culture, their safety management and to have a support for the choice of preventive measures, assessing their effectiveness in terms of risk reduction.

## 1. INTRODUZIONE

La prevenzione degli infortuni e delle tecnopatie si sta estrinsecando in innumerevoli diramazioni specialistiche, raggiungendo una complessità crescente anche in relazione all'ingresso nel mondo della sicurezza del lavoro di diversi attori che, pur non provenendo da ambienti istituzionali pubblici, hanno assunto una certa autorevolezza grazie al know-how acquisito, alle professionalità sviluppate ed alle esperienze di collaborazione con le istituzioni pubbliche e con gli organismi bilaterali. Se da un lato ciò costituisce un vantaggio per la grande disponibilità di conoscenze nell'ambito della cultura della sicurezza, dall'altro può ingenerare dubbi nella scelta di soluzioni applicative ottimali da parte delle aziende.

La tutela della salute nei luoghi di lavoro è divenuta quindi oggetto di studi multidisciplinari e le soluzioni alle relative problematiche, pur evidenziate dall'evoluzione della giurisdizione comunitaria internazionale, sono ricercate seguendo percorsi nuovi. Gli approcci tecnologici, rivolti alla riduzione dei rischi agendo sui processi produttivi, considerando gli impianti, i macchinari, i materiali e le sostanze, sono stati affiancati da nuovi approcci che considerano gli aspetti organizzativi ed i fattori umani, ispirati ad una concezione sempre più ampia dell'ergonomia quale scienza che non esamina solo l'interazione fisica uomo-macchina-ambiente di lavoro, ma che include anche aspetti psicologici e comportamentali. In quest'ottica la tutela della salute del lavoratore si raggiungerà nella misura in cui la cultura della sicurezza aziendale potrà incidere sulle modalità in cui egli si relaziona al compito ed all'ambiente lavorativo. Da alcuni anni in Europa gli studi relativi alle problematiche connesse alla salute e sicurezza dei lavoratori che tradizionalmente ponevano l'attenzione sulla salute fisica dell'individuo, hanno ampliato sempre di più l'interesse verso le dimensioni psicologiche, sottolineando come la centralità della persona sia uno dei presupposti necessari per il benessere non solo dell'individuo, ma anche dell'organizzazione. Recentemente, infatti, si sono sviluppati approcci che sottolineano l'importanza dei fattori psicosociali nella determinazione dei rischi nei contesti lavorativi e introducono il costrutto di salute della organizzazione. La recente diffusione di modelli organizzativi ispirati ai principi della responsabilità sociale delle imprese o dei sistemi di gestione ha incrementato la domanda di strumenti di natura organizzativa e gestionale che permettano di monitorare i fattori di rischio relativi agli aspetti comportamentali.

Per quanto premesso, il progetto descritto nel presente lavoro si pone come obiettivo la realizzazione di un modello per la valutazione quantitativa della cultura della sicurezza nelle piccole e medie imprese. Il percorso di ricerca innovativo procederà attraverso l'osservazione, la descrizione ed il monitoraggio di tutti i fattori, interni ed esterni ad un ambiente di lavoro, potenzialmente in grado di scatenare incidenti, quasi incidenti e infortuni, al fine di poter ridurre la probabilità del verificarsi di tali eventi, mediante misure preventive mirate.

Un significativo apporto alla costruzione di una banca dati sarà fornito dalla casistica dei flussi informativi regionali in cui sono riportati in modo sinergico dall'INAIL, Regione e ISPESL i dati relativi agli infortuni sul territorio, per poter sviluppare la ricerca considerando percorsi di reale necessità ed urgenza di intervento.

## 2. METODOLOGIA

Dalle ricerche relative al fenomeno infortunistico finalizzate alla prevenzione, condotte in collaborazione con l'INAIL, è emerso come:

- per un gran numero di incidenti e infortuni la relazione causa - conseguenza sia dinamica e non lineare,

- questa non linearità sembri dipendente da fattori organizzativi e gestionali, quali il livello di cultura della sicurezza, la presenza di rischi “sfumati, come i rischi psicosociali (condizioni contrattuali precarie, turni di lavoro stressanti, ecc.), la gestione stessa della sicurezza in azienda, formalizzata in un SGSL o meno;
- le informazioni relative ai suddetti fattori siano spesso qualitative, imprecise e perfino contraddittorie;
- siano ancora carenti le procedure sia di raccolta di dati relativi ai fattori organizzativi e gestionali, e, di conseguenza,
- manchi uno strumento di valutazione dei rischi organizzativi e gestionali.

L'evidenza finalmente posta sui rischi psicosociali rappresenta un cambiamento di approccio alla gestione della sicurezza in azienda.

In generale i rischi lavorativi possono essere divisi in rischi per la sicurezza, rischi per la salute e rischi trasversali o psicosociali. I rischi per la sicurezza sono quelli responsabili di incidenti o infortuni, ovvero di danni o menomazioni fisiche in conseguenza di un impatto fisico-traumatico di diversa natura (meccanica, elettrica, chimica, termica, ecc.). I rischi per la salute o igienico-ambientali sono quelli responsabili della compromissione dell'equilibrio biologico dei lavoratori addetti a operazioni o lavorazioni che comportano l'emissione nell'ambiente di lavoro di fattori nocivi, di natura chimica, fisica e biologica con conseguente esposizione dei lavoratori stessi.

I rischi trasversali sono stati così definiti appunto perché una disfunzione nelle interazioni di tipo ergonomico, organizzativo e psicologico può produrre danni sia per la salute che per la sicurezza.

Lavorare in condizioni di disagio e stress può infatti avere un ruolo rilevante quanto meno come concausa di danni alla salute, ormai ampiamente documentato nella letteratura scientifica, sia rischi per la sicurezza, in quanto può alterare i livelli di attenzione e quindi favorire l'insorgenza di errori e/o infortuni. Cox e Griffiths (Cox & Griffiths., 1995), definiscono i rischi psicosociali come “quegli aspetti di progettazione, organizzazione e gestione del lavoro, nonché i rispettivi contesti ambientali e sociali che potenzialmente possono arrecare danni fisici o psicologici”. Gli stessi autori, dopo aver effettuato una dettagliata rassegna degli studi effettuati sullo stress di origine lavorativa, identificano come potenzialmente pericoloso l'insieme di caratteristiche del lavoro riportate nella tabella 1. Le dimensioni citate influenzano la percezione che una persona ha delle situazioni di lavoro, sono esse stesse potenzialmente causa di stress all'origine e sono aspetti fondamentali della valutazione dei rischi psicosociali. Quando si vogliono studiare le cause che generano lo stress all'interno di un'organizzazione, una delle maggiori difficoltà consiste nell'avere a disposizione metodologie e strumentazioni attendibili ed efficaci. Le analisi strumentali possibili per comprendere la potenziale nocività o il rischio di un ambiente di lavoro, sono molteplici e appartengono al patrimonio della psicologia, della medicina, dell'ingegneria e dell'ergonomia. Poiché il rischio dipende dunque dall'interazione tra sorgente di pericolo ed esposizione della persona, è proprio la contemporanea presenza di entrambi gli elementi che comporta la possibilità di danno alla persona stessa. La fase di identificazione riguarderà, pertanto, sia le fonti di pericolo sia le persone o classi di persone esposte, con l'obiettivo di identificare i fattori di rischio di tipo tecnico (macchine, processi, impianti, agenti nocivi, ecc.), di tipo organizzativo (struttura delle postazioni, interazione uomo-macchina, ecc.) e gestionale (risorse umane, leadership, comunicazione). In relazione a questo momento conoscitivo, possono essere utilizzate tecniche di indagine i cui elementi fondamentali riguardano:

- la raccolta organizzata e strutturata di tutte le informazioni utili,
- l'analisi e le ispezioni delle macchine, dei processi, delle postazioni di lavoro e dell'organizzazione del lavoro,
- le interviste a tutti i lavoratori per raccogliere informazioni utili e mirate sulla realtà produttiva.

Si noti come sia sviluppabile una politica prevenzionistica solo se si è in grado di fare dei raffronti tra “un prima” e “un dopo” eventuali provvedimenti migliorativi e ciò è possibile solo partendo da valutazioni quantitative dei fattori che portano a incidenti e infortuni.

TABELLA 1 – Caratteristiche del lavoro

<b>contesto lavorativo</b>	<b>condizioni di definizione del rischio</b>
funzioni e cultura organizzativa	scarsa comunicazione, livelli bassi di sostegno per la risoluzione dei problemi e per lo sviluppo personale
ruolo nell'ambito dell'organizzazione	ambiguità e conflitto di ruolo
evoluzione della carriera	incertezze o fasi di sviluppo di carriera, promozioni insufficienti o eccessive, retribuzione bassa, insicurezza dell'impiego
autonomia decisionale e controllo	partecipazione ridotta al processo decisionale, mancanza di controllo sul lavoro
rapporti interpersonali sul lavoro	isolamento fisico o sociale, rapporti limitati con i superiori, conflitto interpersonale
interfaccia casa-lavoro	richieste contrastanti tra casa e lavoro, scarso sostegno in ambito domestico
<b>contenuto del lavoro</b>	
ambiente e attrezzature di lavoro	problemi inerenti l'affidabilità, la disponibilità, l'idoneità, la manutenzione o la riparazione di strutture e attrezzature di lavoro
pianificazione dei compiti	monotonia, cicli di lavoro brevi, lavoro frammentato o inutile, sottoutilizzo delle capacità
carico e ritmo di lavoro	carico di lavoro eccessivo o ridotto, mancanza di controllo sul ritmo, livelli elevati di pressione in relazione al tempo
orario di lavoro	lavoro a turni, orari di lavoro senza flessibilità, imprevedibili o lunghi

### 3. ARTICOLAZIONE DELLA RICERCA

Pertanto il progetto di ricerca prevede

- la messa a punto di un sistema di raccolta delle informazioni per:
- l'approfondimento delle dinamiche infortunistiche, con lo scopo di evidenziare i fattori organizzativi e gestionali che hanno contribuito all'incidente;
- un modello di valutazione quantitativa dei suddetti fattori di semplice utilizzo;
- un sistema di supporto alle decisioni in seguito alle valutazioni effettuate con lo strumento sopra descritto, a fini preventivi.

Lo strumento di valutazione sarà mutuato da quelli di valutazione dei rischi psicosociali descritti brevemente nel seguito. Ma quali differenze si possono individuare tra la valutazione dei rischi fisici e la valutazione di quelli psicosociali? Sicuramente è difficile stabilire una relazione simmetrica tra le due, perché l'esposizione a specifici fattori, come ad esempio alti livelli di radiazioni, viene riconosciuta di per sé come negativa per la salute di tutti i lavoratori, mentre altre sostanze sono prive di pericolo per tutti. È difficile che tale concetto possa essere utilizzato per i rischi psicosociali. Infatti, mentre i rischi fisici come le radiazioni sembrano negativi per propria natura, i rischi psicosociali possono essere definiti come un'iterazione tra le caratteristiche e il contesto del lavoro e le caratteristiche soggettive del lavoratore. Inoltre, i problemi connessi alla comprensione dei rischi psicosociali, rispetto a quelli relativi agli infortuni, rendono ancora più difficile individuare i rapporti causali tra pericolo e danno.

Lo studio dello stress ha portato inoltre alla focalizzazione dell'attenzione sugli interventi realizzabili per far fronte alle disfunzioni organizzative. In sintesi, gli interventi possono essere a tre livelli: organizzativo, interfaccia individuo/organizzazione e livello individuale.

Generalmente l'individuo percepisce uno stato di stress generale, senza comprendere le fonti specifiche da cui esso deriva. Inoltre, una visione riduttiva della componente soggettiva presente nella percezione dei rischi psicosociali, ha fatto sì che gli interventi correttivi, quando effettuati, venissero realizzati "a

valle”, ovvero solo per ridurre gli effetti degli stressor sui soggetti. In sintesi, non risultano interventi che mirino “a monte” alla riduzione di disfunzionalità organizzative, ma solamente alla riduzione dello stress sul singolo. La ricerca sullo stress infatti, pur consentendo un passaggio dallo studio degli agenti causali diretti di malattia, cioè i rischi fisici/chimici, ad agenti indiretti legati alle dimensioni psicosociali, ha mantenuto inizialmente l’obiettivo di preservare la salute fisica dell’individuo; il meccanismo dello stress viene considerato nella sua funzione di minaccia alla salute individuale, più che come possibile indicatore di disagio e malessere del contesto organizzativo.

La letteratura sull’argomento si raggruppa in tre aree che possono essere utilizzate come base del nuovo strumento ed essere riassunte come segue.

- Sviluppo di strumenti di misura dello stress individuale accreditati da modelli scientifici (utilizzati da diversi gruppi di ricerca validati con tarature e valutazioni internazionali). Un esempio in questo senso ci è fornito da C.L. Cooper (Cooper et al., 2002) che, partendo dalla discussione sui suoi modelli teorici, ha prodotto lo strumento occupational stress indicator (Osi), che è stato applicato in vari contesti e culture.
- Individuazione delle cause dello stress lavorativo/organizzativo con una metodologia d’indagine specifica: un esempio può derivare dalla definizione del fenomeno del burnout, che rappresenta una specifica sindrome da stress cronico.
- Sviluppo di un approccio multidimensionale per l’analisi del contesto organizzativo, che consente di individuare e definire lo stato di benessere dell’organizzazione: ne derivano strumenti il cui oggetto è l’individuazione di un ampio raggio di dimensioni lavorative e di fonti di pericolo per la salute dei lavoratori. Lo strumento più validato nel contesto italiano è il questionari o multidimensionale della salute organizzativa (Mohq) di Avallone e Papolomas.

#### 4. RISULTATI ATTESI E CONCLUSIONI

Al di là degli aspetti metodologici e organizzativi, un approccio globale richiede sia un profondo consenso costruito e condiviso tra i vari protagonisti del processo, sia cambiamenti nelle culture organizzative, fra i partner sociali, le aziende e i lavoratori stessi. In generale troviamo una carenza di interventi organizzativi (strutturali), focalizzati su contenuti del lavoro, divisione del lavoro, domanda di lavoro stressante e carenza di controllo sul lavoro. Inoltre, la valutazione dei progetti di intervento è ancora rara, in quanto i risultati possono essere spesso influenzati da fattori contestuali, quali ristrutturazioni o downsizing, che avvengono durante o immediatamente dopo gli interventi stessi, rendendo difficile ottenere gli effetti desiderati o attribuire gli effetti osservati all’intervento stesso.

Il risultato atteso da questo studio è quindi uno strumento metodologico e di un applicativo informatico che consentano agli ispettori del lavoro, ma anche alle aziende che vorranno utilizzarlo a fini preventivi, di:

1. valutare il livello di cultura della sicurezza nell’ambiente di lavoro;
2. valutare il livello della gestione della sicurezza, formalizzata o meno in un SGSL;
3. individuare gli interventi migliorativi sia della cultura della sicurezza (ambiente, formazione e informazione) che di gestione utili a ridurre il livello di rischio lavorativo;
4. valutare l’effettiva efficacia di tali interventi.

#### BIBLIOGRAFIA

**T. Cox, A.J. Griffith:** The assessment of psychosocial hazards at work, 1995. Handbook of work and health psychology. M.J. Shabraq, J.A.M. Winnubst, C.L. Cooper eds. Wiley and sons. Chichester, Inghilterra.

**CL. Cooper, S.J. Sloan, S. Williams:** Osi, occupational stress indicator, 2002. Os Organizzazioni Speciali. Firenze.



# **L'IMPEGNO DELL'INAIL NELLA PREVENZIONE: REALIZZAZIONE DI UN LABORATORIO PER LA MISURAZIONE DELL'ESPLOSIVITÀ DELLE POLVERI**

R. LUZZI<sup>1</sup>, G. FOIS<sup>1</sup>, M. DEMICHELA<sup>2</sup>, L. MARMO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAIL - Direzione Regionale Piemonte - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>SAFeR- Centro Studi su Sicurezza, Affidabilità e Rischi - Dip. Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica - Politecnico di Torino

## **RIASSUNTO**

Nel presente articolo s'illustra un progetto per la realizzazione di un laboratorio operante nel settore della sicurezza industriale nel campo della prevenzione delle esplosioni da polveri e/o gas combustibili e delle possibili ricadute positive per la scelta di misure di prevenzione e di protezione anche in settori non tipicamente "a rischio ATEX".

La valutazione delle caratteristiche di esplosività diviene fondamentale in presenza di polveri alimentari (farina, zucchero, cereali, ecc.), polveri organiche (materie plastiche, prodotti farmaceutici, vernici, ecc.), polveri metalliche (alluminio, magnesio, ecc.), liquidi combustibili volatili, gas combustibili, gas liquefatti, ecc. in quanto le esplosioni sono normalmente causa d'incidenti ad elevata magnitudo.

Pertanto, risulta notevole l'interesse per la realizzazione di una struttura scientifica d'avanguardia a livello nazionale e internazionale.

Le competenze e le conoscenze in materia di atmosfere esplosive da trasmettere ai comparti produttivi interessati nell'attività istituzionale e consultiva dell'INAIL potranno essere così supportate anche dai risultati di attività sperimentali.

Il progetto del laboratorio nasce dall'esperienza sull'analisi di grandi infortuni e da un'attività progressiva di sperimentazione su piccola scala, con la costruzione di un tubo di Hartmann modificato, già installato presso di Politecnico di Torino.

Con il nuovo progetto, invece, le apparecchiature di prova saranno in grado di fornire agli enti di controllo e all'industria la misura dei parametri che la normativa in materia di valutazione dei rischi impone di conoscere e degli elementi che caratterizzano il pericolo di esplosione dei materiali oggetto di ricerca.

Le proprietà da caratterizzare sono ormai da tempo definite nelle norme tecniche UNI EN 26184/1991 per l'Europa e ASTM 1226/2000 per gli Stati Uniti (pressione massima di esplosione, indice di esplodibilità, concentrazione minima esplodibile, energia minima d'innescò, ecc.); la loro applicazione e la seppur ampia letteratura che ne è discesa, non permettono però una completa caratterizzazione dei rischi nelle diverse attività produttive.

Un laboratorio avanzato e dedicato, consentirà invece di affrontare sistematicamente la caratterizzazione delle sostanze esplosive per comparto e porterà alla produzione di un rapporto annuale divulgativo da inviare alle unioni industriali e alle singole aziende del comparto preso in esame (legno, lana, metallurgia dell'alluminio, per citarne alcune che hanno già subito incidenti).

## **SUMMARY**

This paper describes a project for the development of a laboratory operating in the field of industrial safety, and in particular, in the prevention of dust and/or combustible gases explosions and the possible spin-offs for the choice of prevention and protection measures, even in industrial sectors not typically at risk ATEX.

The assessment of the explosive behavior becomes crucial in the presence of food powders (flour, sugar, cereals, etc.), organic dust (plastics, pharmaceuticals, paints, etc.), metal powders

(aluminum, magnesium, etc.), volatile liquid fuels, gas fuels, liquefied gas, etc.. since the explosions are usually causes of accidents with high magnitude.

Therefore, it is significant the interest in the establishment of a scientific laboratory at the forefront nationally and internationally.

The skills and knowledge relating to explosive atmospheres to be transmitted to the productive sectors interested in the institutional and advisory activity of INAIL will be well supported by results of experiments.

The laboratory project was born from the experience in major accidents analysis and from previous testing on a small scale, with the construction of a modified Hartmann tube, already installed at the Politecnico di Torino.

With the new project, however, the test equipment will be able to provide to the institutions and to the industry to control the measures of the parameters that the legislation on risk assessment requires and the elements that characterize the danger of explosion for materials being object of the study.

The properties to be characterizes have already been defined in the standards UNI EN 26184/1991 for Europe and ASTM 1226/2000 for the United States (the maximum explosion pressure, index of explosion, the lowest explosive concentration, minimum ignition energy, etc.); their application and even the large literature drawn down from them, do not allow a full characterization of the risks in different productive activities.

An advanced laboratory and dedicated, will instead systematically face the characterization of explosives materials and will lead to the production of an informative annual report to be sent to industry associations and individual companies in the sector under consideration (wood, wool, metal aluminum, to name a few that have already been incidents).

## 1. INTRODUZIONE

Nell'ambito della collaborazione con gli attori impegnati nella prevenzione per la sicurezza nei luoghi di lavoro, l'INAIL mette a disposizione risorse finanziarie e strumentali per lo sviluppo di programmi di ricerca che coinvolgono le istituzioni universitarie e le parti sociali. Nel caso della Direzione Regionale del Piemonte, tra i settori di intervento possibili, si è ritenuto prioritario quello della ricerca nel campo delle polveri e fibre, che rappresentano un fattore di rischio che possono dar luogo a tecnopatie ed infortuni. Pertanto, sono state avviati accordi di collaborazione con istituti scientifici ed universitari, in modo da coprire un vasto spettro di tipologie di rischi ed un altrettanto ampio campo di intervento per la prevenzione; inoltre, ove possibile si cerca di estendere gli studi ai rischi dovuti ad agenti simili nella trattazione a polveri e fibre. Se da un lato vi sono delle conoscenze consolidate, quali quelle relative alle malattie respiratorie (da silice, da polveri di legno), dall'altro vi sono estese zone grigie, in particolare se si considerano i processi tecnologicamente avanzati, quali quelli innovativi con cui si ottengono nanoparticelle o quelli che emettono notevoli quantità di polveri ultrafini. Tra le collaborazioni avviate vi è quella con il Politecnico di Torino, in cui si vuole costituire un Centro Studi ed Esperienze per le polveri e fibre, che sarà dotato di un laboratorio per la determinazione dell'esplosività delle polveri, i cui risultati saranno fruibili non solo dal mondo universitario, ma anche dall'INAIL e dal mondo imprenditoriale interessato.

Il progetto di realizzazione del laboratorio operante nel settore della sicurezza industriale nel campo della prevenzione delle esplosioni da polveri, ha come obiettivi principali:

- ridurre la frequenza e la gravità degli eventi dovuti alle atmosfere esplosive, indicando soluzioni idonee per risolvere le problematiche di valutazione del rischio;
- fornire risultati basilari per l'elaborazione e la divulgazione di materiale informativo e didattico relativamente alla pericolosità delle polveri e fibre;
- facilitare sotto l'aspetto economico-logistico le aziende, soprattutto abbattendo i lunghi tempi di attesa dovuti al numero insufficiente di laboratori nazionali.

Per le attività di realizzazione saranno adottate idonee procedure e metodiche di project management,

per la pianificazione e gestione, con il controllo puntuale dello stato di avanzamento.

Per le proprietà da caratterizzare si farà riferimento alla normativa vigente - UNI EN 26184/1991 per l'Europa, e ASTM 1226/2000 per gli Stati Uniti (pressione massima di esplosione, indice di esplosibilità, concentrazione minima esplosibile, ecc.)

Il progetto, quindi prevede la realizzazione di una struttura scientifica d'avanguardia a livello internazionale, dotato di apparecchiature di prova in grado di fornire la misura dei parametri richiesti dalla legislazione in materia di valutazione dei rischi, insieme ad elementi che caratterizzano il pericolo di esplosione dei materiali oggetto di ricerca.

Sarà svolta anche un'importante attività di divulgazione attraverso reportistica ad hoc, destinato alle unioni industriali e alle aziende dei comparti a rischio (legno, farine, lana, metallurgia dell'alluminio, per citarne alcune che hanno già subito incidenti).

Per affrontare le problematiche delle esplosioni, da sempre causa d'incidenti a maggior magnitudo, il Politecnico di Torino possiede un'esperienza riconosciuta: sull'analisi di grandi infortuni e in attività pregresse di sperimentazione su piccola scala.

## 2. METODOLOGIA

Il laboratorio opererà su due fronti distinti, la ricerca scientifica e il supporto tecnico alle aziende facenti parte dei comparti produttivi per loro natura esposti al pericolo di esplosione.

A tale scopo, saranno condotte specifiche campagne di misurazione delle caratteristiche salienti delle polveri ( $P_{max}$ ,  $K_{st}$ , MIE, LEL, ecc) dedicate a caratterizzare le polveri utilizzate o prodotte in specifiche attività industriali del territorio nazionale, con produzione di un rapporto annuale divulgativo da inviare alle Unioni Industriali e alle singole aziende del comparto (legno, lana, metallurgia dell'alluminio, per citarne alcune che hanno già subito incidenti).

Il laboratorio effettuerà prove a costi convenzionati e agevolati per quelle aziende proposte dall'INAIL, che in seguito a segnalazione degli ispettori del lavoro e/o delle parti sociali, necessitassero di caratterizzare i materiali coinvolti nelle proprie operazioni.

Inoltre il laboratorio effettuerà ricerca scientifica pura in quei settori che ancora richiedono un approfondimento scientifico della materia, quale per esempio lo studio dei fenomeni d'innesco e lo sviluppo delle metodologie di misura dell'energia d'innesco, che ad oggi è fortemente influenzata da numerose variabili, tra le quali la turbolenza della sospensione, la distribuzione granulometrica della polvere, la caratteristica elettrica della scarica, ecc.

## 3. RISULTATI

Il risultato principale prodotto dal laboratorio sarà culturale, perché la struttura avrà lo scopo primario di effettuare ricerca scientifica nel settore della protezione e prevenzione dalle esplosioni.

Più nello specifico, i settori di maggiore interesse scientifico saranno:

Lo studio dei fenomeni d'innesco delle esplosioni. La ricerca scientifica mondiale è indirizzata allo sviluppo di tecniche di misura dell'energia necessaria per innescare una miscela di gas e/o polveri esplosibili in aria mediante una scintilla elettrica (MIE), allo scopo di simulare i fenomeni d'innesco per scarica elettrostatica. Il Politecnico di Torino è già dotato di un apparecchio per effettuare questo tipo di misure (Tubo di Hartmann modificato).

Lo studio delle proprietà esplosibili ( $P_{max}$ ,  $K_{st}$ ) di miscele di polveri e gas in aria, e di miscele di polveri di granulometria diversificata o di miscele di polveri combustibili e inerti.

Lo studio dell'autoaccensione ad alta temperatura di nubi di polvere e/o gas sospese in aria.

Lo studio della dinamica del processo di combustione nell'ambito di una deflagrazione di nubi di gas e/o vapori.

I risultati principali che il laboratorio produrrà attraverso la ricerca scientifica saranno know how d'avanguardia sia nel settore squisitamente scientifico dello studio della fenomenologia delle esplosioni, sia per quanto concerne lo sviluppo di metodi di misura e apparecchi di prova innovativi.

Lo sviluppo culturale prodotto dal laboratorio permetterà un trasferimento tecnologico e scientifico a fini divulgativi e di prevenzione, rivolti in particolare a piccole e medie imprese su tutto il territorio nazionale. La struttura fornirà il supporto per lo sviluppo della sicurezza di nuove tecnologie che comporteranno la produzione o l'utilizzo di polveri (materiali innovativi, nanotecnologie):

- ✓ di nuova composizione (lavorazione di materiali innovativi, ecc.)
- ✓ con stati chimico-fisici non ancora ben definiti (nano particelle, ecc.) e con stati di aggregazione fortemente variabili in base ai processi.

Inoltre il centro svolgerà attività finalizzate al coinvolgimento delle parti sociali e datoriali e attività di formazione gratuita verso il personale INAIL e a tariffa agevolata, stabilita dal Comitato di Controllo stesso, verso parti terze.

Sarà stilato dai responsabili scientifici della struttura un rapporto annuale divulgativo destinato alle unioni industriali e alle aziende dei comparti interessati (legno, lana, metallurgia dell'alluminio, per citarne alcuni in cui si sono già verificati incidenti).

#### **4. CONCLUSIONI**

La nascente struttura permetterà uno sviluppo scientifico e tecnologico significativo, che si manifesterà con ricadute positive per la scelta di misure di prevenzione e di protezione in un gran numero di settori produttivi, quali i quelli coinvolti nell'uso di polveri alimentari (farina, zucchero, cereali, ecc.), polveri organiche (materie plastiche, prodotti farmaceutici, vernici, ecc.), polveri metalliche (alluminio, magnesio, ecc.), liquidi combustibili volatili, gas combustibili, ecc. Non è di secondaria importanza il fatto che molti di questi settori siano costituiti da un gran numero di piccole e medie imprese che potranno trovare un punti di riferimento nella nascente struttura.

La struttura attraverso le attività di ricerca fornirà anche supporto per lo la valutazione del rischio generato dallo sviluppo di nuove tecnologie (materiali innovativi, nanotecnologie) che comporteranno la produzione o l'utilizzo di polveri:

- di nuova composizione (lavorazione di materiali innovativi, ecc.)
- con stati chimico-fisici non ancora ben definiti (nano particelle, ecc.) e con stati di aggregazione fortemente variabili in base ai processi.

La struttura consentirà il coinvolgimento delle parti sociali e datoriali e promuoverà la trasmissione delle informazioni a fini divulgativi e di prevenzione a imprese piccole e medie su tutto il territorio.

# **EVOLUZIONE E MIGLIORAMENTI CORRELATI ALL'ADOZIONE DEI SISTEMI DI GESTIONE DELLA SICUREZZA SGSL UNI INAIL IN AMBITO SANITARIO. RIFLESSI SUL FENOMENO INFORTUNISTICO**

R. LUZZI<sup>1</sup>, V. VECCHIÈ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>INAIL - Direzione Regionale Piemonte - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>Struttura Complessa Prevenzione - Protezione e Sicurezza ASL n°3 TORINO

## **RIASSUNTO**

Avendo già trattato in una precedente pubblicazione le metodologie ed i risultati salienti ottenuti durante le attività di avvio del sistema SGSL nelle strutture "pilota" di Pinerolo, si vogliono ora esporre i risultati ottenuti evidenziando i miglioramenti dai punti di vista infortunistico, della sensibilizzazione in tema di sicurezza e del complessivo clima aziendale e l'evoluzione del sistema di gestione. Le attività, portate avanti sin dall'inizio con la partecipazione di dirigenti, preposti e operatori, hanno permesso di coinvolgere e responsabilizzare il personale nell'ambito del sistema di gestione della sicurezza. Sono state ipotizzate soluzioni per le problematiche sollevate dalla maggiore complessità ed estensione dell'organizzazione, da attuare con l'avvio di nuovi progetti tra cui quello maggiormente interessante della valutazione del rischio partecipato.

In ogni caso, nella prima fase dello sviluppo del SGSL per la struttura pilota pinerolese sono stati raggiunti risultati ragguardevoli, quantificati ed esposti nel testo del presente lavoro.

Pertanto, alla luce di questi positivi sviluppi e miglioramenti, è stato indicato un percorso efficace per promuovere e facilitare l'adozione del sistema di gestione della sicurezza UNI-INAIL nelle altre strutture sanitarie sul territorio.

## **SUMMARY**

Having already dealt with in a previous publication methods and the results obtained during the H&SMS system start up, within Pinerolo ASL "pilot structures", now it's the right time to report on results obtained by highlighting the improvements in terms of accident trends, of awareness about safety and the overall business climate and evolution of the management system. The activities, carried out from outset with the managers, operators and responsible participation, have helped to involve and empower staff within the safety management system. Some solutions were assumed to solve the issues identified by the increased complexity and extent of the organization, to be implemented with the launch of new projects including the most interesting of the risk assessment involved.

In any case, in the first phase of the development of such a Pinerolo facility H&SMS were achieved results, quantified and presented in the text of this work.

Therefore, in light of these positive developments and improvements, has been shown an effective route to promote and facilitate the adoption of safety management system UNI-INAIL other health facilities in the area.

## **1. INTRODUZIONE**

L'interesse per i sistemi di gestione della sicurezza è stato notevolmente accresciuto dall'entrata in vigore della Legge 123 del 25 agosto 2007 e del D.Lgs. 81 del 9 aprile 2008 che, rispettivamente, la prima ha esteso il campo di applicazione del decreto legislativo 8 giugno 2001, n. 231 ai reati di omicidio colposo e lesioni colpose gravi o gravissime commessi con violazione delle norme antinfortunistiche e sulla tutela dell'igiene e della salute nei luoghi di lavoro (art.9 L.123), mentre il secondo con l'articolo 30 fornisce indicazioni ulteriori circa il modello esimente dalla responsabilità amministrativa di cui al D.Lgs.231/01 nel caso dei suddetti reati in ambito infortunistico. Infatti l'art. 30 al comma 5 recita: *"In sede di prima applicazione, i modelli di organizzazione aziendale*

*definiti conformemente alle Linee guida UNI-INAIL per un sistema di gestione della salute e sicurezza sul lavoro (SGSL) del 28 settembre 2001 o al British Standard OHSAS 18001:2007 si presumono conformi ai requisiti di cui ai commi precedenti per le parti corrispondenti.”*

La possibilità di salvaguardare l'azienda da pesanti sanzioni amministrative e al contempo di garantire l'alta direzione da eventuali responsabilità penali, ha costituito un impulso all'adozione di sistemi di gestione della sicurezza, con un impegno sostanziale anche nelle ASL del territorio piemontese: alcune aziende sanitarie hanno promanato degli atti organizzativi e procedurali orientati all'effettiva implementazione di un SGSL come richiamato nell'art. 30 del D.Lgs. 81/08.

Per quanto riguarda l'impegno dell'INAIL, sono state messe a disposizione degli interessati del settore le metodologie ed i risultati salienti ottenuti durante le attività di avvio del sistema SGSL nelle strutture pilota di Pinerolo, anche mediante pubblicazione su web della ASL.

Dopo la fase iniziale del progetto, nella struttura pilota di Pinerolo (Luzzi & Vecchiè, 2007), sono scaturiti ulteriori risultati positivi sia sotto l'aspetto infortunistico con un'incrementata sicurezza che per il clima aziendale complessivo.

Come previsto, l'evoluzione del sistema di gestione ha seguito un percorso di miglioramento; le attività svolte con la partecipazione di dirigenti, preposti e operatori, hanno finito con il coinvolgere e responsabilizzare tutto il personale nell'ambito del sistema di gestione della sicurezza. Nel contempo la riorganizzazione regionale del sistema sanitario, che si è esplicata nella riduzione e nell'accorpamento di più aziende ASL, ha avuto l'effetto di trasferire in modo immediato il progetto di Sistema SGSL ad una realtà territoriale più ampia. Infatti, la ASL di Pinerolo è stata associata alla ASL 5 di Collegno costituendo l'unità provinciale di maggiore estensione della realtà piemontese. L'esperienza della ex ASL 10 potrebbe essere così direttamente fruibile dalla nuova ASL.

Comunque era già sentita da principio, l'esigenza di procedere all'esportazione del modello sviluppato a più larga scala ed ora emerge anche la necessità di superare le non previste difficoltà dovute al repentino cambiamento dello scenario regionale della sanità.

Sono state ipotizzate soluzioni per le problematiche sollevate dalla maggiore complessità ed estensione dell'organizzazione, da attuare con l'avvio di nuovi progetti tra cui quello maggiormente interessante della valutazione del rischio partecipato.

Nel mentre, la ASL AT di Asti ha messo alla base il SGSL UNI – INAIL nella fase di riorganizzazione e miglioramento del servizio, avviando sin da subito vari progetti di miglioramento e di riduzione degli infortuni, quali l'introduzione di siringhe ad ago protetto o l'acquisizione di apparecchiature per lo studio della MMC. Nell'ambito della ASL AT è stato lanciato un programma di formazione e di coinvolgimento che costituirà l'ossatura del SGSL che si sta implementando nel 2009.

## 2. METODOLOGIA

Il presente lavoro tratta aspetti metodologici ed operativi che hanno consentito una netta riduzione del fenomeno infortunistico, associata all'implementazione del sistema SGSL.

Per ottenere risultati significativi in tale ambito occorre operare con strategie che intervengono su diversi aspetti del fenomeno, quali:

- a. aspetti tecnici
- b. procedurali
- c. formativi
- d. comportamentali
- e. conoscenza degli ambiti di pericolo

### 2.1 Aspetti tecnici

Come già segnalato nella premessa si è cercato di agire sui 2 ambiti principali dell'evento infortunistico : **le contaminazioni biologiche ed i traumi da sforzo.**

Per la prevenzione del primo sono stati acquistati e diffusi aghi di sicurezza con risultati

estremamente positivi (riduzione di oltre il 40% degli eventi traumatici anche se risulta evidente che tale straordinario risultato è stato ottenuto dalla sommatoria degli interventi nel settore di cui si accennerà in seguito) anche legato al gradimento tra gli operatori del nuovo dispositivo.

Per verificare la dotazione ed eventuali difficoltà di approvvigionamento è stata condotta una rilevazione attraverso un breve questionario, a cui erano associate domande sulla dotazione di DPI per la prevenzione del rischio biologico, con esiti estremamente favorevoli e la possibilità nei rari casi in cui il dispositivo non era arrivato di provvedere immediatamente.

Per quanto attiene al rischio di movimentazione dei pazienti l'acquisto di ausili per ridurre lo sforzo fisico degli operatori, oltre alle altre misure in campo formativo ed informativo, hanno consentito di raggiungere quella riduzione del 30% degli eventi traumatici.

## 2.2 Aspetti procedurali

Sono state elaborate procedure di sicurezza per alcune attività a rischio (tra cui quelle di prelievo e di terapia) in modo da uniformare i comportamenti ed identificare le operazioni più critiche (in relazione ai pregressi episodi di infortunio)

Inoltre, come prassi, in ogni realtà operativa, per ogni infortunio veniva attivata un'inchiesta specifica ed i risultati tradotti in linee operative per i reparti

## 2.3 Aspetti formativi

In questo ambito di intervento le iniziative si sono concentrate sulla movimentazione dei carichi con:

- 10 edizioni di un corso sulla prevenzione del rischio derivante dalla movimentazione dei carichi e dei pazienti, articolato in una parte teorica ed una pratica effettuata nei reparti e nei magazzini
- 8 edizioni di un corso sulla prevenzione del mal di schiena con esercizi sulla postura corretta e sul rilassamento del corpo essenziale per prevenire gli aspetti traumatici ed i blocchi articolari e muscolari collegati con sforzi fisici.

Per quanto concerne gli aspetti informativi sono stati realizzati diversi "strumenti":

- una relazione trimestrale di analisi degli eventi infortunistici distribuito a tutte le strutture aziendali
- 2 opuscoli sui prevenzione del rischio da movimentazione dei carichi e dei pazienti
- 1 manifesto sulle posture corrette quando si debbono movimentare pazienti
- 2 manifesti sul rischio biologico sull'uso dei DPI e lo smaltimento dei taglienti contaminati
- un calendario sulla sicurezza con la disamina di un rischio per ogni mese.

## 2.4 Aspetti comportamentali

Nella disamina degli eventi di contaminazione biologica erano emerse 2 criticità importanti che andavano analizzate ed affrontate:

- l'uso non appropriato dei DPI
- le contaminazioni durante le fasi di prelievo e somministrazione della terapia

Per affrontare questi temi sono state analizzate le ragioni comportamentali e di percezione del rischio connesso ad errori o abitudini operative non ottimali. Sono stati creati 2 Focus Group con la presenza di tutte le figure sanitarie aziendali e con il supporto metodologica del Dipartimento di Psicologia del Lavoro dell'Università di Torino sono state sondate le motivazioni dei comportamenti e definite, insieme ai singoli gruppi, delle strategie di miglioramento.

## 2.5 Analisi delle situazioni di potenziale pericolo

Sicuramente l'azione più innovativa intrapresa, inserita nel progetto di valutazione dei quasi infortuni, è l'analisi delle situazioni di potenziale pericolo verificatesi a livello aziendale.

L'Azienda ha attivato da qualche anno un programma che consente, per via informatica, di segnalare tutte le tipologie di anomalie da tutti i luoghi di lavoro. Si è potuto perciò analizzare ed

elaborare 5000 richieste inoltrate in un anno individuando 946 situazioni di potenziale pericolo per la sicurezza del personale. Per ogni segnalazione sono state evidenziate la tipologia, la struttura interessata e definita la strategia di soluzione. Uno strumento e una possibilità di mappare i luoghi di lavoro individuando le criticità e potendo impostare piani di prevenzione mirati ed articolati.

### 3. RISULTATI

Nel definire l'obiettivo aziendale (si ricorda che l'Azienda ASL 10 conta 1600 dipendenti) per la riduzione degli eventi infortunistici furono indicati gli obiettivi, traducibili nella riduzione a meno di 100 eventi con meno di 700 giorni complessivi di prognosi.

I risultati hanno dimostrato che tali obiettivi sono stati raggiunti in quanto come da tabella 1 vi furono 99 eventi e 415 giorni di prognosi con una riduzione di oltre il 16% per gli infortuni ed il 46% per i giorni.

Tabella 1 – Andamento infortunistico (*esclusi in itinere*)

	2005	2006	2007	Diff.% 2006/2005	Diff.% 2006/2007
N° infortuni	113	118	99	+ 4,4%	- 16,3%
Giorni prognosi	836	772	415	- 7,7%	- 46,3%

Alcuni risultati relativi agli infortuni nella ASL 10 sono riportati nelle due tabelle seguenti .

Tabella 2 – Tipologie di infortuni, numero (N) e giorni di prognosi (GP)

TIPO DI INFORTUNIO	2005	2006	2007	2005	2006	2007
	N	N	N	GP	GP	GP
Aggressione	2	6	6	3	87	33
Caduta	9	11	5	130	214	80
Contaminazione biologica	61	64	37	28	0	0
Contatto con citostatici	0	0	0	0	0	0
Contatto con fiamma libera	0	0	0	0	0	0
Contatto con materiale a bassa temperatura	0	0	0	0	0	0
Contatto con sostanze chimiche	1	1	0	8	0	0
Contatto con utensili o materiale caldo	0	1	1	0	5	3
Contatto uomo-animale	1	0	1	30	0	3
Incidente stradale durante il lavoro	4	1	2	36	10	46
Incidenti in itinere	15	5	10	254	68	156
Infezione ospedaliera	0	0	24	0	0	34
Pizzicamento	2	1	3	14	3	33
Riapertura infortunio	3	0	0	157	0	0
Scivolamento	2	3	5	24	110	86
Tagliante non biologico	4	5	0	35	21	0
Trauma da mobilizzazione paziente	10	9	7	191	205	44
Trauma da sforzo	4	5	3	75	58	23
Urto	10	11	6	107	59	40
Totale	128	123	110	1090	840	581
Totale (esclusi "incidenti in itinere")	113	118	99	836	772	415

Tabella 3 – Ripartizione degli infortuni per le principali modalità di accadimento (ASL 10)

<b>Modalità di accadimento</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>
Intervento chirurgico / incisione	18	8	9	5	13	12	3
Lavaggio ferri	1	5	0	0	3	1	0
Manovra di emergenza	0	2	3	4	1	1	2
Negligenza di terzi	0	4	3	2	3	1	2
non definito	5	7	8	6	12	0	2
Processo di analisi in laboratorio	0	0	1	2	0	3	0
Riordino materiale	6	6	3	3	4	5	3
Rottura provetta	3	0	0	2	0	0	0
Schizzo materiale infetto	4	5	5	4	7	9	13
Smaltimento aghi	4	2	4	4	3	5	4
Terapia iniettiva	21	14	15	23	14	26	8
Travaso di sangue	1	2	0	1	1	1	0
<b>TOTALI</b>	<b>63</b>	<b>55</b>	<b>51</b>	<b>56</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>37</b>

Altro elemento importante che si è sperimentato è stato il metodo: per aggredire il fenomeno infortunistico e testare il proprio livello organizzativo per la sicurezza si debbono attivare azioni ad ampio spettro:

- interventi tecnici
- analisi organizzative
- interventi formativi ed informativi
- analisi ed azioni sulle situazioni di criticità

Per questo ultimo aspetto è stato messo a frutto il programma aziendale di segnalazione di tutte le criticità, grazie ad una felice scelta di utilizzare, analizzandola ed elaborandola, una base dati così estesa (4959 segnalazioni). Il notevole impegno ha portato risultati molto importanti.

I dati analizzati hanno fornito complessivamente una mappatura, su base statistica, delle situazioni di potenziale pericolo correlate alle segnalazioni di inconvenienti riportabili a quasi incidenti, esposta in sintesi mediante le tabelle 4 e 5. La prima individua le macro-aree in cui si sono avute le segnalazioni di inconveniente, la seconda invece la tipologia di pericoli che le hanno originate.

Tabella 4 – Aree interessate dai quasi incidenti

<b>Aree interessate dagli inconvenienti</b>	<b>N</b>	<b>Percentuale</b>
Attrezzature medicali-scientifico-sanitarie	416	45%
Edilizia e affini	116	12%
Impianti condizionamento	15	2%
Impianti elettrici	166	17%
Impianti elevatori	32	3%
Impianti gas medicali	9	1%
Impianti idrico-sanitari	128	13%
Impianti di riscaldamento	19	2%
Reclamo	0	0%
Serramenti e affini	36	4%
Sistemi antincendio	9	1%
<b>TOTALE</b>	<b>946</b>	<b>100%</b>

Tabella 5 – Fonti di potenziale pericolo associate alle segnalazioni

<b>Tipologie dei potenziali pericoli individuati</b>	<b>N</b>
<b>carrozine</b>	<b>46</b>
<b>letti/barelle</b>	<b>116</b>
<b>alza-malati</b>	<b>15</b>
<b>montacarichi</b>	<b>6</b>
<b>ascensori</b>	<b>26</b>
<b>rischio scivolamento acqua</b>	<b>207</b>
<b>rischio scivolamento per pavimenti rotti/sconnessi, porte, tombini ecc</b>	<b>43</b>
<b>rischio da taglio</b>	<b>55</b>
<b>rischio cadute</b>	<b>45</b>
<b>rischio infortunistico</b>	<b>33</b>
<b>impianti di riscaldamento</b>	<b>19</b>
<b>impianti di condizionamento</b>	<b>15</b>
<b>gas</b>	<b>15</b>
<b>rischio elettrico</b>	<b>307</b>
<b>sistemi antincendio</b>	<b>9</b>

#### 4. CONCLUSIONI

In ogni caso, per la struttura pilota pinerolese sono stati raggiunti risultati ampiamente positivi che possono essere sinteticamente indicati:

- Riduzione di oltre il 40% delle contaminazioni biologiche
- Riduzione del 30% dei traumi da sforzo
- Riduzione del 46% dei giorni di prognosi da infortunio
- Attivazione in tutte le realtà di sistema di gestione delle emergenze

Pertanto, alla luce di questi netti miglioramenti, è stato indicato un percorso efficace per promuovere e facilitare l'adozione del sistema di gestione della sicurezza UNI-INAIL nelle altre strutture sanitarie sul territorio.

Quindi, nonostante la riorganizzazione della sanità piemontese ed alcuni cambiamenti contingenti nelle strutture direttive della Regione, gli impegni assunti dalla Regione stanno procedendo nel senso di una maggiore diffusione, anche grazie alle novità introdotte dal testo unico della sicurezza e dalla legge 123/07.

#### BIBLIOGRAFIA

**R. Luzzi, V. Vecchiè:** IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA DI GESTIONE DELLA SICUREZZA SGSL UNI INAIL IN AMBITO SANITARIO, 2007, V Seminario CONTARP, Taormina 6-8 Novembre, 8 pagg. 103–112

# LA NUOVA NORMA UNI 10617 2009 “IMPIANTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE - SISTEMI DI GESTIONE DELLA SICUREZZA- TERMINOLOGIA E REQUISITI ESSENZIALI”

B. MANFREDI

INAIL – Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## RIASSUNTO

Viene presentata la nuova edizione della norma UNI 10617, pubblicata nel 2009 e relativa ai requisiti dei sistemi di gestione della sicurezza ai fini della prevenzione degli incidenti rilevanti. La normativa di legge, di origine comunitaria, richiede infatti ai gestori degli impianti a rischio di incidente rilevante l'implementazione di un sistema di gestione per la sicurezza, con la convinzione che l'approccio gestionale sia fondamentale per la prevenzione degli incidenti. Vengono anche presentati i futuri sviluppi delle altre norme tecniche di questo specifico settore.

## SUMMARY

We present the new edition of the UNI 10617 standard, published in 2009 and dealing with the requirements of the safety management systems for the prevention of major accidents hazards involving dangerous substances. The law, of European derivation, requires in fact to the operator of a high risk establishment, covered by the Seveso directives; to implement a safety management system, in the belief that a managerial approach is crucial to prevent accidents. We present also the next steps in the evolution of the other technical standards of the sector.

## 1. PERCHE' LA NORMA UNI 10617?

A seguito del tragico incidente di Seveso del luglio 1976, la Comunità Europea decise di avviare una politica comune per evitare che potessero ripetersi incidenti dalle conseguenze così devastanti per gli abitanti e per l'ambiente circostante. Nacque così la direttiva 82/501/CEE (cosiddetta “Direttiva Seveso I”). A distanza di vari anni la direttiva è stata modificata da altre due direttive (96/82/CE o “Seveso II” e 2003/105/CE o “Seveso III”), che hanno introdotto, tra le varie modifiche, anche il principio della necessità di un approccio gestionale e non solo basato sulla sicurezza impiantistica per prevenire gli incidenti rilevanti. In Italia la normativa vigente è il D.Lgs. 334/99, che ha recepito la direttiva Seveso II ed è stato poi modificato con il D.Lgs. 238/05.

Il settore degli impianti a rischio di incidente rilevante è l'unico settore in cui le norme di legge obbligano il gestore ad adottare un sistema di gestione per la sicurezza ovviamente finalizzato alla prevenzione degli incidenti rilevanti (D. Min. Ambiente 9 agosto 2000 “*Linee guida per l'attuazione del sistema di gestione della sicurezza*”, un decreto attuativo previsto dal D.Lgs. 334/99). La norma principale, a cui fa esplicito riferimento il DM 9 agosto 2000, è la UNI 10617 “Impianti a rischio di incidente rilevante. Sistema di gestione della sicurezza nell'esercizio. Requisiti essenziali.” La norma UNI 10617 era del 1997 e aveva una struttura ispirata alla UNI 9001: 1994, ormai totalmente superata e difficilmente integrabile con gli standard relativi ai sistemi di gestione relativi alla sicurezza sul lavoro, la qualità o l'ambiente (vedi tab.1). Per tale motivo la norma è stata oggetto di una profonda revisione, che ne ha completamente modificata la struttura, da parte dello specifico *gruppo di lavoro UNI CTI “Sicurezza degli impianti a rischio di incidente rilevante”*, di cui l'INAIL fa parte ed al quale ha contribuito attivamente. La nuova edizione della UNI 10617 è stata pubblicata nel febbraio 2009.

Tab. 1

UNI 10617: 1997	UNI 10617: 2009
4. REQUISITI DI BASE DEL SG PER LA SICUREZZA	4. REQUISITI DEL SG PER LA SICUREZZA AI FINI DELLA PREVENZIONE DEGLI INCIDENTI RILEVANTI
4.1 Responsabilità della direzione	4.1 Requisiti Generali
4.1.1 Politica della sicurezza 4.1.2 Organizzazione (Responsabilità e autorità, risorse, servizio sicurezza) 4.1.3 Riesame del sistema di gestione	4.2 Esame iniziale e politica di prevenzione degli incidenti rilevanti
4.2 Pianificazione	4.3 Pianificazione
4.2.1 Requisiti generali 4.2.2 Procedure di gestione della sicurezza 4.2.3 Pianificazione della sicurezza	4.3.1 Identificazione dei pericoli e valutazione dei rischi rilevanti 4.3.2 Prescrizioni legali e altre prescrizioni derivanti da adesioni volontarie 4.3.3 Obiettivi, traguardi e programma/i
4.3 Requisiti di riferimento	
4.4 Controllo della progettazione	4.4 Attuazione e funzionamento
4.4.1 Generalità 4.4.2 Pianificazione e sviluppo della progettazione 4.4.3 Dati e requisiti di base 4.4.4 Risultati della progettazione 4.4.5 Verifica della progettazione 4.4.6 Modifiche alla progettazione	4.4.1 Risorse, ruoli, responsabilità e autorità 4.4.2 Competenza, formazione e consapevolezza 4.4.3 Comunicazione
4.5 Controllo della documentazione	4.4.4 Documentazione
4.5.1 Approvazione ed emissione della documentazione 4.5.2 Modifiche della documentazione	4.4.5 Controllo e gestione dei documenti
4.6 Approvvigionamento	
4.6.1 Generalità 4.6.2 Valutazione di fornitori ed appaltatori 4.6.3 Documenti di approvvigionamento 4.6.4 Controllo degli approvvigionamenti	
4.7 Identificazione e rintracciabilità	
4.8 Controllo della sicurezza del processo	4.4.6 Controllo operativo
4.8.1 Generalità 4.8.2 Sorveglianza e controllo	
	4.4.7 Gestione delle modifiche
	4.4.8 Preparazione e risposta alle emergenze
4.9 Ispezioni e prove	4.5 Verifica
4.9.1 Ispezioni alla consegna e al pre-avviamento 4.9.2 Ispezioni periodiche 4.9.3 Documenti di registrazione delle ispezioni 4.9.4 Attrezzature di ispezione e prova	4.5.1 Controllo e misurazione delle prestazioni

4.9.5 Stato delle ispezioni e delle prove	
	4.5.2 Valutazione del rispetto delle prescrizioni
4.10 Anomalie di processo, non conformità e incidenti	4.5.3 Incidenti, quasi incidenti, non conformità, azioni correttive e azioni preventive
4.11 Azioni correttive e prevenzione	
4.12 Documenti di registrazione della sicurezza	4.5.4 Controllo delle registrazioni
4.13 Verifiche ispettive della sicurezza	4.5.5 Audit interno
	4.6 Riesame del SG per la sicurezza ai fini della prevenzione degli incidenti rilevanti
4.14 Addestramento	
4.15 Manutenzione	
4.16 Tecniche statistiche	

## 2. LE NOVITA'

La nuova norma UNI 10617: 2009 ha infatti ora una struttura perfettamente rispondente al ciclo di Deming o PDCA (Plan, Do, Check, Act)- vedi fig. 1- , pur mantenendo la specificità di contenuti richiesti dal particolare comparto produttivo (ad es. la gestione delle modifiche agli impianti, gli aspetti specifici relativi al controllo operativo e alla gestione delle emergenze). Ciò ne renderà più facile sia l'attuazione sia l'integrazione con gli altri sistemi di gestione già presenti in azienda (ad es. il sistema di gestione ambientale UNI EN ISO 14001 o il sistema di gestione per la sicurezza basato sulla norma OHSAS 18001 o sulle Linee Guida UNI INAIL). Ciò è evidente dall'esame della tabella 2, in cui vengono comparati gli indici delle norme OHSAS 18001: 2007; le Linee guida UNI INAIL, la UNI 14001: 2004, UNI 10617: 2009.

Ovviamente la norma è stata elaborata nell'ottica di fornire ai gestori uno strumento per l'attuazione di un sistema di gestione per la sicurezza coerente con i disposti del DM 9 agosto 2000 e in generale con la normativa di legge del settore.

Fig. 1  
Modello dell'SGS utilizzato nella norma UNI 10617: 2009

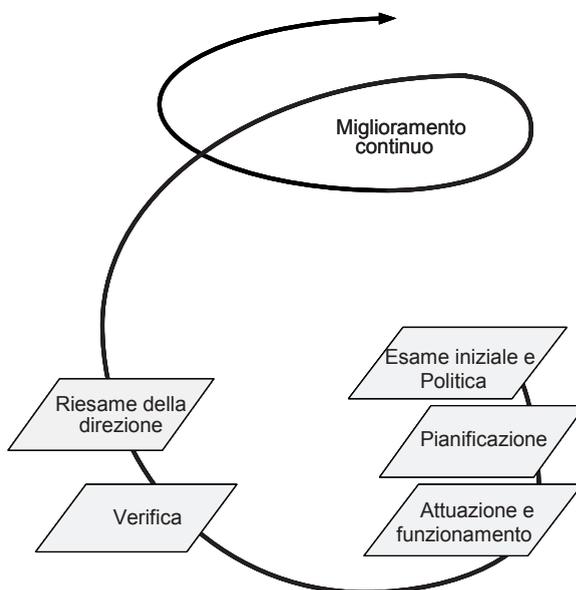


Tabella 2

OHSAS 18001 2007	Linee guida UNI INAIL 2001	UNI 14001 2004	UNI 10617 2009
1. SCOPO	A Finalità	1. SCOPO	1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
2. RIFERIMENTI NORMATIVI		2. RIFERIMENTI NORMATIVI	2. RIFERIMENTI NORMATIVI
3. TERMINI E DEFINIZIONI		3. TERMINI E DEFINIZIONI	3. TERMINI E DEFINIZIONI
4. ELEMENTI DEL SG PER LA SALUTE E LA SICUREZZA SUL LAVORO	B Sequenza ciclica di un SGSL	4. REQUISITI DEL SISTEMA DI GESTIONE AMBIENTALE	4. REQUISITI DEL SG PER LA SICUREZZA AI FINI DELLA PREVENZIONE DEGLI INCIDENTI RILEVANTI
4.1 Requisiti Generali	E.1 Il sistema di gestione	4.1 Requisiti Generali	4.1 Requisiti Generali
4.2 Politica per la salute e la sicurezza sul lavoro	C Politica per la salute e la sicurezza sul lavoro	4.2 Politica ambientale	4.2 Esame iniziale e politica di prevenzione degli incidenti rilevanti
4.3 Pianificazione	D – Pianificazione	4.3 Pianificazione	4.3 Pianificazione
4.3.1 Identificazione dei pericoli e valutazione dei rischi rilevanti		4.3.1 Aspetti ambientali	4.3.1 Identificazione dei pericoli e valutazione dei rischi rilevanti
4.3.2 Prescrizioni legali e altre prescrizioni		4.3.2 Prescrizioni legali e altre prescrizioni	4.3.2 Prescrizioni legali e altre prescrizioni derivanti da adesioni volontarie
4.3.3 Obiettivi, e programma/i		4.3.3 Obiettivi, traguardi e programma/i	4.3.3 Obiettivi, traguardi e programma/i
4.4 Attuazione e funzionamento		4.4 Attuazione e funzionamento	4.4 Attuazione e funzionamento
4.4.1 Risorse, ruoli, responsabilità e autorità	E.2 Definizione dei compiti e delle responsabilità	4.4.1 Risorse, ruoli, responsabilità e autorità	4.4.1 Risorse, ruoli, responsabilità e autorità
4.4.2 Competenza, formazione e consapevolezza	E.4 Formazione, addestramento e consapevolezza	4.4.2 Competenza, formazione e consapevolezza	4.4.2 Competenza, formazione e consapevolezza
4.4.3 Comunicazione	E.3 Coinvolgimento del personale	4.4.3 Comunicazione	4.4.3 Comunicazione
4.4.4 Documentazione	E.5 Comunicazione, flusso informativo e cooperazione	4.4.4 Documentazione	4.4.4 Documentazione
4.4.5 Controllo dei documenti	E.6 Documentazione	4.4.5 Controllo dei documenti	4.4.5 Controllo e gestione dei documenti
4.4.6 Controllo operativo	E.7 Integrazione della salute e sicurezza nei	4.4.6 Controllo operativo	4.4.6 Controllo operativo

	processi aziendali e gestione operativa		
-----		-----	4.4.7 Gestione delle modifiche
4.4.8 Preparazione e risposta alle emergenze	(v. punto D – PIANIFICAZIONE)	4.4.8 Preparazione e risposta alle emergenze	4.4.8 Preparazione e risposta alle emergenze
4.5 Verifica	F.1 Monitoraggio interno della sicurezza F.3 Piano del monitoraggio	4.5 Verifica	4.5 Verifica
4.5.1 Controllo e misurazione delle prestazioni		4.5.1 Sorveglianza e misurazione	4.5.1 Controllo e misurazione delle prestazioni
4.5.2 Valutazione del rispetto delle prescrizioni		4.5.2 Valutazione del rispetto delle prescrizioni	4.5.2 Valutazione del rispetto delle prescrizioni
4.5.3.1 Analisi degli Incidenti 4.5.3.2 Non conformità, azioni correttive e azioni preventive		4.5.3 Non conformità, azioni correttive e azioni preventive	4.5.3 Incidenti, quasi incidenti, non conformità, azioni correttive e azioni preventive
4.5.4 Controllo delle registrazioni		4.5.4 Controllo delle registrazioni	4.5.4 Controllo delle registrazioni
4.5.5 Audit interno	F.2 Caratteristiche e responsabilità dei valutatori	4.5.5 Audit interno	4.5.5 Audit interno
4.6 Riesame della direzione	F.4 Riesame del sistema	4.6 Riesame della direzione	4.6 Riesame del SG per la sicurezza ai fini della prevenzione degli incidenti rilevanti

### 3. SVILUPPI FUTURI

Nei primi mesi del 2009 il gruppo di lavoro UNI- CTI ha intrapreso la revisione della norma UNI 10616 *“Impianti a rischio di incidente rilevante. Gestione della sicurezza nell’esercizio. Criteri fondamentali di attuazione”*, anch’essa del 1997, che dovrà costituire la linea guida per l’implementazione della UNI 10617, analogamente a quanto avviene per la norma OHSAS 18002 nei confronti della OHSAS 18001.

Tuttavia la profonda revisione della norma UNI 10617 rende indispensabile anche la revisione delle altre due norme tecniche del settore degli impianti a rischio di incidente rilevante:

- la UNI 10672: 1997 *“Impianti di processo a rischio di incidente rilevante. Procedure di garanzia della sicurezza nella progettazione”* che specifica le procedure da adottare per assicurare la sicurezza durante tutte le fasi del progetto degli impianti a rischio di incidente rilevante, nuovi o ad essi equiparati ai sensi della legislazione vigente;
- la UNI/TS 11226: 2007 *“Impianti a rischio di incidente rilevante- Sistemi di gestione della sicurezza- Procedure e requisiti per gli audit”* che stabilisce i principi, i criteri e le modalità fondamentali per pianificare, eseguire e documentare un audit di un SG per la sicurezza ai fini della prevenzione degli incidenti rilevanti. Tale norma ha come principale riferimento la norma UNI EN ISO 19011: 2003: , con l’introduzione di elementi specifici e distintivi di un SG per la sicurezza ai fini della prevenzione degli incidenti rilevanti. La norma riporta nelle appendici i contenuti dell’audit e le verifiche che l’auditor deve puntualmente effettuare, basandosi sui requisiti della UNI 10617 e UNI 10616, e presenta una metodica per la formulazione delle conclusioni e di un giudizio complessivo sull’intero sistema di gestione.

La norma riporta anche i requisiti di competenza dell'auditor che riprendono quelli previsti nella norma UNI EN ISO 19011: 2003 con l'introduzione delle opportune specificità necessarie per il settore degli impianti a rischio di incidente rilevante.

La revisione della UNI 10672 dovrebbe iniziare già nel 2009, mentre la UNI/TS 11226 verrà rivista nel 2010, non appena completata la nuova edizione della UNI 10616, a cui la norma fa riferimento.

# IL PROGETTO CONTARP “SICUREZZA E BENESSERE NELLE SCUOLE”

R. PICCIONI, R. GIOVINAZZO, E. INCOCCIATI, F. NAPPI, D. RUGHI

INAIL – Direzione Generale – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## RIASSUNTO

La gestione della salute e sicurezza nelle scuole è, a tutt’oggi, ancora problematica. Ciò è dovuto ad una serie di motivi, tra cui la scarsità di fondi disponibili per gli interventi correttivi.

Va aggiunto che i dati relativi alle condizioni di igiene e sicurezza nel comparto scolastico sono ancora piuttosto carenti, in riferimento anche alla diversità di soggetti coinvolti (docenti, personale amministrativo e studenti).

Il progetto CONTARP “Sicurezza e benessere nelle scuole” si inserisce nell’ambito del “Protocollo di intesa” stipulato nel 2007 tra Ministero della Pubblica Istruzione ed INAIL, allo scopo di promuovere la “tutela della sicurezza e salute” anche negli ambienti di studio.

Il progetto si propone essenzialmente due finalità: aumentare la conoscenza delle fonti di rischio e di discomfort negli ambienti scolastici, che costituisce il caposaldo preliminare al fine di avviare adeguate misure di prevenzione; realizzare interventi formativi sul “campo”, facendo riferimento alle realtà osservate.

## SUMMARY

Nowadays health and safety management in the schools are still complicated, due to different reasons; one of them is the shortage of money for corrective actions.

Moreover the health and safety data related to the school conditions are very lacking, especially considering the different subjects involved (teachers, employees and students).

In 2007 an official agreement was drawn up between the Ministry of Education and INAIL (Italian Workers Compensation Authority), aimed to promote the safety and health protection also in the learning environments.

The CONTARP (Technical Directorate for Risk Assessment and Prevention) Project “Safety and Comfort in the Schools” is integrated in this last sphere and aims to reach two main objectives.

On the one hand to increase the knowledge about risk and discomfort sources in the school environments, that represent the preliminary point to start convenient prevention steps; on the other hand to perform “field” training courses, based on the measurements carried out.

## 1. INTRODUZIONE

Il progetto “*Sicurezza e benessere nelle scuole*” intende analizzare una realtà lavorativa piuttosto complessa e molto consistente in termini di numero di persone coinvolte, sia come lavoratori (personale docente e non docente) sia come studenti, realtà della quale, ad oggi, non è stato ancora delineato, in ambito igienistico, un quadro di conoscenze sufficientemente rappresentativo e completo.

La scarsa conoscenza dei rischi preclude, di conseguenza, la possibilità di adottare le misure di prevenzione più idonee ad eliminare o ridurre le fonti di pericolo presenti in questo particolare comparto.

Nelle Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati, emanate nel 2001 dal Ministero della Salute, le scuole sono incluse nell’elenco degli ambienti di vita e di lavoro non industriali, altrimenti definiti come ambienti *indoor*, per i quali è stata riconosciuta una stretta associazione tra qualità dell’aria *indoor* e insorgenza di effetti negativi sulla salute degli occupanti.

Al riguardo, appare sempre più pressante la richiesta di un adeguato livello di formazione a beneficio dei lavoratori e, in particolare, delle figure professionali direttamente coinvolte nelle

attività del Servizio di Prevenzione e Protezione (SPP) aziendale, secondo quanto sancito dal D.Lgs. 81/2008.

La promozione della salute e sicurezza sui luoghi di lavoro implica l'adozione di comportamenti virtuosi e, in tale contesto, lo sviluppo della cultura della prevenzione fa riferimento a conoscenze di base e comportamenti acquisiti dagli individui già in età scolare. Come sancito anche dal D.Lgs. 81/2008 (art.9, comma 2f) l'INAIL ha il compito di farsi promotore di percorsi formativi teorico-pratici specifici destinati alle scuole, avvalendosi delle conoscenze e competenze acquisite attraverso studi già effettuati in altri comparti produttivi.

Il progetto CONTARP si colloca nell'ambito del protocollo d'intesa sottoscritto nel 2007, tra L'INAIL ed il Ministero della Pubblica Istruzione, finalizzato alla "promozione della tutela della sicurezza e salute negli ambienti di vita, studio e lavoro"

Nella prima fase del progetto è prevista la misura degli agenti di rischio responsabili di patologie o causa di condizioni di *discomfort* che possono ridurre l'efficacia dell'insegnamento e, quindi, anche dell'apprendimento. L'indagine conoscitiva concerne i rischi di tipo chimico, fisico e biologico e considera in particolare la qualità dell'aria indoor, le radiazioni ionizzanti di origine naturale e gli aspetti di tipo ergonomico (*comfort acustico, microclima, illuminamento, posture ecc.*).

Nella seconda fase, note le fonti di pericolo, sono definiti gli strumenti, i mezzi e le modalità per ridurre i livelli di rischio, e quindi realizzare un'efficace azione di prevenzione. Al riguardo, si procederà con iniziative formative indirizzate ai soggetti coinvolti nei SPP scolastici e agli studenti, secondo tematiche afferenti la salute e sicurezza negli ambienti *indoor*, con particolare riferimento ai fattori di rischio oggetto del monitoraggio.

## 2. ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

### 2.1 Il rischio chimico

All'interno degli edifici scolastici possono essere individuate diverse tipologie di ambienti indoor. Ciò rende complessa e articolata la valutazione del rischio chimico.

Vanno considerati almeno due distinti aspetti:

1. proprietà tossicologiche delle sostanze che, entrando in contatto con l'organismo umano, possono essere responsabili di effetti nocivi a lungo termine;
2. possibilità che si verifichino infortuni dovuti agli effetti acuti o alle proprietà corrosive di alcune sostanze chimiche con cui si entra in contatto in modo accidentale.

In riferimento agli ambienti in cui si svolge attività didattica, comprendenti aule, laboratori, uffici e palestre, tipicamente si è interessati alla qualità dell'aria indoor.

#### 2.1.1 Fonti di inquinamento

Nella Tabella 1 sono riportate le tipiche sorgenti dell'inquinamento presenti in ambienti confinati unitamente agli agenti chimici che da esse originano.

Tabella 1: fonti di inquinamento indoor e relativi agenti inquinanti	
fonti di inquinamento indoor	agenti inquinanti
materiali da costruzione e isolanti	amianto, fibre vetrose artificiali, PM
materiali di rivestimento e moquette	formaldeide, acrilati, COV
arredi	formaldeide, COV
liquidi e prodotti per la pulizia	alcoli, fenoli, COV
fotocopiatrici	ozono (O <sub>3</sub> ), polvere di toner, idrocarburi volatili (COV)
fumo di sigaretta	idrocarburi policiclici, COV, formaldeide, CO, particolato fine
impianti di condizionamento	aumento di CO <sub>2</sub> e di COV per scarso numero di ricambi orari o eccesso di riciclo

Il mantenimento di un buon livello di qualità dell'aria, sia in termini igienico-sanitari che di gradevolezza, passa per il controllo della percezione dell'aria sotto forma di odori, irritazione o altri effetti sensoriali. Nel caso di inquinanti quali gas, vapori e particolato, che potrebbero comportare un rischio per la salute, è necessario che l'aria non ne contenga in concentrazione tale da superare valori limite, eventualmente dettati dalla normativa o da standard di qualità.

### 2.1.2 Obiettivi dell'indagine

Nella fase di progettazione di un'indagine ambientale da svolgere all'interno di aule, laboratori, uffici e palestre, vanno considerate innanzi tutto le sorgenti di inquinamento *outdoor* localizzate nelle vicinanze dell'edificio scolastico e, in particolare, l'incidenza del traffico veicolare.

Di fondamentale importanza è la conoscenza del sistema di ventilazione adottato (naturale, dotato di un'unità centrale unica, a volume d'aria variabile o costante).

Nella aule va prioritariamente verificato il rispetto del corretto rapporto cubatura/numero di occupanti; tale fattore è infatti spesso responsabile del peggioramento della qualità dell'aria con il protrarsi della permanenza da parte degli occupanti e in mancanza di una sufficiente aerazione dei locali. Fondamentale è, quindi, la conoscenza delle abitudini relative al numero di ricambi d'aria assicurati all'aula nei diversi periodi e stagioni dell'anno.

Le attività tipicamente svolte in aula sono a prevalente carattere statico e ciò fa preferire, almeno in prima battuta, rilievi d'area piuttosto che di tipo personale.

Un indicatore ambientale frequentemente misurato negli ambienti indoor è la concentrazione di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) per il quale può essere appropriata la verifica del rispetto dello standard ASHRAE 62-1989, che impone il valore di 1000 ppm quale limite al di sopra del quale possono venire meno le condizioni di comfort per gli occupanti.

Altri tipici inquinanti indoor aerodispersi possono includere Composti Organici Volatili (COV) provenienti da prodotti per la pulizia, materiale da stampa e prodotti di consumo come pure emissioni di formaldeide da sorgenti quali mobilia e tappezzeria.

Un altro descrittore della qualità dell'aria *indoor* è la concentrazione del particolato; diversi studi documentano la presenza di particolato aerodisperso proveniente da combustioni che avvengono in ambienti esterni agli edifici, mentre in ambiente *indoor* la generazione delle particelle è ascrivibile a diverse attività umane tra cui spicca il fumo di sigaretta. Il rapporto tra i livelli di particolato *indoor/outdoor*, indice del grado di maggiore o minore salubrità degli ambienti scolastici rispetto a quelli di vita, dipende da una serie di fattori tra cui la velocità di ricambio dell'aria nell'edificio e il tipo di attività svolta nelle aule.

Infine, nei locali in cui sono presenti fotocopiatrici e stampanti, oltre alla misura della concentrazione del particolato aerodisperso alla quale si è fatto cenno, potrebbe essere significativa quella dei livelli di concentrazione di ozono. Secondo quanto emerso dagli studi sperimentali a oggi effettuati, le concentrazioni di ozono riscontrabili in prossimità di una stampante o di una fotocopiatrice dipendono da un certo numero di parametri, tra cui il modo in cui le macchine sono assemblate, il ritmo orario di funzionamento, la configurazione generale del locale e le relative condizioni microclimatiche.

## 2.2 Il rischio biologico

La qualità microbiologica dell'aria è correlata alla presenza o meno di contaminanti microbiologici (*batteri, funghi, spore, tossine, ecc.*) in concentrazione o di tipologia tali da determinare condizioni potenzialmente nocive per la salute umana. Nelle scuole il rischio biologico è prevalentemente di natura infettiva: il rischio di allergie o intossicazioni è, infatti, sovrapponibile a quello della popolazione generale. L'esposizione agli agenti biologici è prevalentemente inalatoria o avviene per contatto con superfici e oggetti contaminati. Per la tipologia di attività svolta (*attività didattica, servizi scolastici, pulizia e custodia dei locali, ecc.*) e, in particolare, per la presenza di ambienti densamente occupati, il rischio infettivo assume particolare rilevanza nel caso in cui siano presenti soggetti malati o portatori sani di malattie, soggetti immunodepressi o lavoratrici-madri.

### 2.2.1 Obiettivi dell'indagine

Per la valutazione della qualità microbiologica dell'aria indoor si ricorre comunemente all'utilizzo delle 'fasce orientative di contaminazione' e degli 'indici di contaminazione microbiologica' proposti, rispettivamente, dalla Commissione delle Comunità Europee (1993) e da Dacarro e coll. (2000). Essi prevedono la valutazione nell'aria dei seguenti parametri microbiologici: carica batterica totale mesofila e psicrofila (*indici, rispettivamente, di contaminazione di origine antropica e ambientale*) e carica fungina totale (*indice indiretto di umidità e polverosità ambientale*), a cui si aggiungerà la misura ambientale dei batteri Gram negativi (correlabili alla potenziale presenza di endotossine) e degli stafilococchi (*rappresentative della flora microbica residente su cute e mucose umane*). Si procederà anche alla valutazione del livello igienico di superfici rappresentative. I protocolli di monitoraggio microbiologico seguiranno le Linee Guida CONTARP (INAIL, 2005). L'indagine potrà, eventualmente, essere estesa anche alla ricerca degli allergeni *indoor* nella polvere all'interno degli edifici (allergeni da acari dermatofagoidi e da funghi), notoriamente correlati a insorgenza di fenomeni allergici, nei soggetti predisposti e sensibilizzati, in marcato aumento negli ultimi decenni, soprattutto nella popolazione infantile.

## 2.3 Aspetti di natura ergonomica

Fattori di carattere squisitamente ergonomico sono rappresentati dal rumore disturbante, dalle condizioni microclimatiche indoor, dallo stress posturale (rischi ergonomici in senso stretto) legato all'utilizzo degli arredi e dalle condizioni di illuminamento.

### 2.3.1 Il microclima

Riguardo a questo aspetto, data la prevedibile omogeneità delle condizioni di temperatura, umidità e ventilazione degli ambienti scolastici, verranno esaminati gli indici PMV e PPD indicati dalla *Norma ISO 7730*, specifici degli ambienti di tipo moderato, per quantificare lo scostamento della situazione reale dalla situazione di benessere termico (*discomfort*). Tale verifica dovrà essere condotta considerando anche l'influenza dell'andamento stagionale. Parallelamente al *comfort globale* andrà verificata l'uniformità delle variabili microclimatiche all'interno degli ambienti (*differenza verticale di temperatura, asimmetria della temperatura media radiante, temperatura del pavimento*). L'esame delle grandezze microclimatiche, inoltre, risulterà fondamentale per calibrare correttamente il monitoraggio degli agenti biologi, necessario a valutare la qualità dell'aria *indoor*.

### 2.3.2 Lo stress posturale

Sotto il profilo ergonomico, gli ambienti scolastici possono evidenziare notevoli problematiche a causa della tipologia degli arredi (*tavoli, sedie, banconi di laboratorio, attrezzature, accessori, ecc.*) utilizzati per lo svolgimento delle attività formative. Lo scostamento esistente tra i requisiti normativi indicati dagli standard di qualità e le caratteristiche degli arredi a disposizione può determinare per gli studenti notevoli disagi sul piano posturale con effetti sulle strutture muscoloscheletriche, influenzando inoltre il grado di attenzione degli stessi. Relativamente a questo aspetto verranno analizzate le caratteristiche degli arredi, avendo come riferimento quanto indicato dagli standard normativi e tenendo conto dei caratteri antropometrici della popolazione "utente".

### 2.3.3 L'illuminamento

Verranno inoltre esaminate ulteriori condizioni di disagio, relative all'errata disposizione degli arredi rispetto alle fonti di illuminamento, naturali o artificiali. Tale condizione andrà valutata con particolare attenzione per le postazioni in cui sia previsto l'impiego di computer.

### 2.3.4 Il rumore

Relativamente all'attività svolta negli edifici scolastici, ci si riferisce al rumore come elemento di discomfort ergonomico. Esso non comporta infatti rischio otoplesivo, ma agisce come fattore di disturbo. Infatti l'assenza di particolari sorgenti di rumore esclude in linea di massima la necessità

di effettuare una valutazione ai sensi del *D.Lgs. 81/2008*. In sostanza ciò che verrà valutato in termini di rumore sono i parametri che influiscono sul “*comfort acustico*”, che ha una notevole importanza sull’efficacia dell’apprendimento da parte degli alunni. In tal senso i requisiti essenziali consistono nell’“*assenza di disturbo*” e nella “*buona ricezione*”.

Per quanto riguarda il primo aspetto sarà quindi necessario verificare il livello del rumore di fondo, in grado di interferire con la voce dell’insegnante; esso è determinato dalle sorgenti di rumore sia interne che esterne all’edificio scolastico.

In merito al secondo aspetto è necessario un adeguato livello sonoro emesso dal parlatore e una percezione ottimale da parte degli studenti, per cui l’ambiente non deve essere eccessivamente riverberante.

Sulla base di quanto detto vengono individuate, per ogni ambiente oggetto del monitoraggio, le tipologie di misure descritte di seguito.

#### - Misura del rumore di fondo

Al fine di individuare le sorgenti di rumore esterne ed interne che possono influenzare il clima acustico dell’ambiente verranno effettuate delle misure di rumore ad aula vuota. Tali misure verranno realizzate al centro dell’ambiente, sia a finestre aperte che a finestre chiuse.

#### - Misura del rumore durante lo svolgimento dell’attività didattica

La misura serve a valutare la qualità acustica dell’aula in relazione alla fonazione degli insegnanti ed alle condizioni di ascolto degli studenti. Viene così valutato lo “*sforzo sonoro dell’insegnante*”, mediante misura effettuata posizionando lo strumento a circa 1 metro dallo stesso. Il dato così ottenuto servirà a valutare il grado di “*intelligibilità del parlato*”, mediante un apposito indice (il *SIL*, se l’ambiente non è particolarmente riverberante).

#### - Misura delle caratteristiche acustiche dell’ambiente - tempo di riverbero

A completamento dell’indagine sarà necessario definire le caratteristiche acustiche dell’ambiente mediante la misura del tempo di riverbero, la cui definizione è essenziale per l’intelligibilità della comunicazione verbale che ha luogo nell’aula. La misura verrà effettuata nell’aula vuota, al di fuori della normale attività didattica, per evitare che i rumori esterni influiscano sulla misura; il numero delle misure dipenderà dal volume dell’ambiente (*aula normali, palestre, ecc.*).

## 2.4 Il rischio da radiazioni ionizzanti di origine naturale

È stato stimato che oltre il 50% delle radiazioni ricevute dalla popolazione sia imputabile al radon. Questo è un gas nobile, inodore, insapore, incolore e chimicamente inerte. Il suo isotopo 222, il più interessante dal punto di vista sanitario, deriva dal decadimento radioattivo dell’uranio 238. Questo elemento, così come gli altri radionuclidi primordiali, è largamente presente nei materiali che costituiscono la crosta terrestre. La distribuzione di tali radionuclidi non è tuttavia uniforme: essi possono essere più o meno abbondanti in funzione della natura delle rocce e dei minerali che caratterizzano le varie aree, risultando particolarmente abbondanti nelle formazioni di origine intrusiva, effusiva e piroclastica.

Il territorio laziale, così come molte altre zone italiane, è interessato dalla presenza diffusa di coltri laviche e piroclastiche, è caratterizzata da una elevata concentrazione di elementi capostipiti delle serie di decadimento radioattivo, dai quali si origina una serie di “*figli*”, anch’essi radioattivi. Dalla catena di decadimento dell’uranio 238 si origina il radon 222 che, a sua volta, attraverso decadimenti radioattivi  $\alpha$  e  $\beta$ , si trasforma in una serie di elementi metallici, anch’essi radioattivi e caratterizzati da brevi periodi di decadimento. Questi possono essere introdotti nei polmoni insieme al particolato aerodisperso, costituendo un potenziale rischio per l’insorgenza di tumori.

Il radon prodotto dalle rocce tende a fuoriuscirne e a diluirsi nell’atmosfera: la sua concentrazione risulta quindi molto bassa, tale da non costituire un rischio per la salute della popolazione; viceversa esso diventa particolarmente interessante dal punto di vista sanitario negli ambienti confinati (*radon*

*indoor*). Le scuole rientrano a tutti gli effetti tra tali ambienti e la concentrazione del radon può raggiungere, in determinate situazioni, livelli tali da rappresentare un rischio. La principale sorgente di radon indoor è costituita dal terreno di imposta di un fabbricato, in particolar modo se caratterizzato da alte concentrazioni di  $^{238}\text{U}$ . In questo caso il radon tende ad accumularsi nei piani più bassi dell'edificio. Tuttavia non è assolutamente trascurabile il contributo offerto dal radon proveniente dai materiali da costruzione degli edifici, soprattutto quando questi sono costituiti da tufi, pozzolane e altre rocce magmatiche e metamorfiche. In questi casi la concentrazione di radon tende ad essere elevata tanto ai piani alti quanto a quelli bassi. Inoltre un piccolo contributo, nella maggior parte dei casi non superiore all'1%, può derivare dall'acqua, nella quale il radon è solubile. I monitoraggi verranno pianificati tenendo conto che la concentrazione del radon indoor è soggetta a variazioni temporali (*giorno e notte, stagione calda e fredda*) e che essa può essere diversa nei vari locali di un edificio, in particolar modo se situati su piani differenti. La pianificazione delle misure verrà effettuata tenendo presente che la concentrazione è influenzata anche dai seguenti parametri:

- *temperatura: all'interno di un edificio la temperatura risulta maggiore di quella esterna, determinando nello stesso un richiamo dei gas dai livelli più bassi verso quelli più alti e, di conseguenza, l'ingresso del radon proveniente dal suolo attraverso piccole crepe, fessure e pori (effetto "camino");*
- *pressione: un abbassamento di questo parametro all'interno di un edificio può determinare l'ingresso del radon nello stesso;*
- *umidità e polverosità: in presenza di pulviscolo aerodisperso e di particelle di acqua, i "figli" del radon vi possono aderire ed essere così veicolati all'interno delle vie respiratorie.*

Sulla base di quanto detto, verrà effettuato un sopralluogo preliminare che permetterà di individuare gli ambienti scolastici che saranno oggetto del monitoraggio. In via preliminare, i fattori discriminanti saranno costituiti da:

- *Livello del locale (seminterrato, piano terra, piani superiori);*
- *Presenza di materiali da costruzione di natura piroclastica (tufi, pozzolane, ecc.);*
- *Assenza o scarsità di scambio d'aria con l'esterno;*
- *Presenza diffusa di vie di passaggio dell'aria dal sottosuolo (condotti, fessure, crepe, ecc.).*

## **BIBLIOGRAFIA**

ASHRAE. 1999. ASHRAE Standard 62-1999, Ventilation for acceptable indoor air quality, American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta.

ASHRAE/ANSI 55-92 Requisiti del microclima per il benessere termico delle persone

Dacarro C., Grignani E., Lodola L., Grisoli P., Cottica D., Proposta di indici microbiologici per la valutazione della qualità dell'aria degli edifici, G. It. Med. Lav. Erg. 2000; 22 (3): 229-235.

D.L.vo 241/2000. Attuazione della Direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti. Supplemento ordinario G.U. n°203 del 31-08-2000.

D.M. Cavallo *et al*: "Gli standard di qualità dell'aria indoor". Giornale degli Igienisti Industriali – vol. 29 – n.3 – luglio 2004.

European Collaborative Action, Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Report No. 12 Biological particles in Indoor Environments, Commission of the European Communities EUR 14988 EN 1993.

P.O. Fanger, Thermal Comfort, McGraw-Hill Book Company 1972.

INAIL, CONTARP - Linee Guida “Il monitoraggio microbiologico negli ambienti di lavoro. Campionamento e analisi”. Ediz. INAIL, novembre 2005.

W. Olesen, Thermal Comfort Requirement for Floors Occupied by People with Bare Feet, ASHRAE Trans., Vol. 83 Part 2, 1977.

ISO 9921: Ergonomics – Assessment of speech communication.

UNI EN-ISO 7730 (2006). Ambienti termici moderati – Determinazione degli indici PMV e PPD e specifiche per le condizioni di benessere termico.

UNI EN ISO 7726, Thermal Environment - Instruments and method for measuring physical quantities.

UNI 10840 (2007). Luce e illuminazione – Locali scolastici – Criteri generali per l’illuminazione artificiale e naturale.

UNI EN 1729-1. Mobili – Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche – Parte 1: Dimensioni funzionali.

UNI EN 1729-2. Mobili – Sedie e tavoli per istituzioni scolastiche – Parte 2: Requisiti di sicurezza e metodi di prova.



# IMPIEGO DI RIFIUTI RECUPERABILI NEL COMPARTO LATERIZI E COSTRUZIONI IN PIEMONTE: VALUTAZIONE DEL RISCHIO LAVORATIVO

G. RUBBONELLO<sup>1</sup>, G. FOIS<sup>1</sup>, B. FUBINI<sup>2</sup>, F. GRENDENE<sup>2</sup>, M. GULLO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INAIL – Direzione Regionale Piemonte - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>Università degli studi di Torino, Centro Interdipartimentale “G. Scansetti” per lo studio degli amianti e di altri particolati nocivi.

## RIASSUNTO

Vengono presentati i dati dello studio effettuato sull'utilizzo dei rifiuti recuperabili nei comparti laterizio e costruzioni della regione Piemonte. L'obiettivo è stato quello di valutare il rischio lavorativo introdotto dall'uso di questi materiali oltreché di fornire, sul piano metodologico, nuovi elementi di conoscenza per una più completa valutazione dei rischi lavorativi.

Al 2008 una sola fornace utilizzava ancora tali rifiuti provenienti dalle lavorazioni metallurgiche, in particolare dal trattamento superficiale degli acciai, caratterizzati dalla presenza di metalli di forte interesse igienistico industriale quali piombo, cadmio, cromo<sup>VI</sup>, arsenico, manganese, nichel e rame. Si è voluto verificare se il piombo e gli altri metalli potevano costituire un agente di rischio anche per gli operatori del comparto costruzioni addetti al taglio del laterizio così prodotto.

I risultati ottenuti hanno evidenziato una concentrazione di piombo e nichel nelle polveri inalabili superiore ai TLV. Per gli altri metalli, le concentrazioni aerodisperse, pur non superando i relativi TLV, si sono rivelate superiori al livello d'azione.

Inoltre, con le metodiche messe a punto dal Centro “G. Scansetti” è stata evidenziata la capacità dei rifiuti di formare specie radicaliche, alla base del danno cellulare; capacità che viene conferita anche al prodotto finito.

## SUMMARY

Are here presented results of the study carried out on use of the waste products in the lateritious and construction industries of the Piedmont region. The aim of this work was both to estimate the working risk connected to the use of these materials and to supply new elements for a more complete working risk assessment.

In 2008 only one furnace still used the waste products from metallurgical manufactures, in particular from the surface processing of steels, characterized from the presence of metals as lead, cadmium, chrome<sup>VI</sup>, arsenic, manganese, nickel and copper. The aim of this research is to verify if the lead and the other metals could constitute an agent of risk for construction workers assigned to the cut of the tile thus produced. Results evidenced a concentration of lead and nickel in inhalable powders higher than TLV.

Although airborne concentrations of other metals did not exceed TLVs, they were higher than “livello d'azione”.

Moreover, adapting the approach set up by Center “G. Scansetti” for other particulate (eg. asbestos and quartz) the ability of waste products and derived final product to form Reactive Oxygen Species (ROS) moieties often related to inflammation and cellular toxicity process was measured.

## 1. INTRODUZIONE

Le problematiche legate al risparmio energetico ed alla tutela ambientale hanno incoraggiato, nell'ultimo ventennio, la ricerca sull'impiego e sulle tecniche di riciclaggio dei rifiuti. Tale impiego, in Italia, è regolamentato da apposita normativa che detta modalità e criteri di utilizzo con l'obiettivo della tutela dell'uomo e dell'ambiente.

Le norme vigenti, tendono a privilegiare e incentivare il riutilizzo e reimpiego dei rifiuti nelle loro funzioni originarie o il recupero finalizzato all'ottenimento di materia prima.

Il comparto produttivo dei laterizi, per i caratteri del ciclo tecnologico, ben si è presta ad introdurre nella propria filiera produttiva l'impiego di materiali di scarto (rifiuti) di diversa composizione e provenienza. Infatti, l'impasto argilloso, per sua natura molto eterogeneo, è idoneo a inglobare, anche in percentuali significative, sostanze quali i rifiuti provenienti da altri cicli lavorativi. L'impiego di questi ultimi comporta vantaggi di natura ambientale, energetici ed economici, con piccoli o addirittura trascurabili svantaggi legati alle caratteristiche meccaniche dei manufatti così ottenuti. Tuttavia, tali rifiuti possono essere causa di rischio lavorativo in ragione della loro composizione chimica, legata al ciclo produttivo di provenienza, che può introdurre nella lavorazione dei laterizi e anche delle costruzioni elementi e sostanze potenzialmente dannose. Non risulta, però, che il potenziale rischio lavorativo introdotto dall'impiego dei rifiuti sia mai stato valutato; ciò potrebbe essere messo in relazione alle norme che disciplinano il loro utilizzo, rivolte prevalentemente alla tutela ambientale.

La CONTARP Piemonte, in collaborazione con il Centro Interdipartimentale per lo studio degli amianti e di altri particolati nocivi "G. Scansetti" dell'Università di Torino, ha effettuato uno studio con l'obiettivo di valutare il rischio lavorativo introdotto dall'uso di questi materiali nel comparto laterizio e il rischio trasferito al comparto costruzioni oltre che di fornire, sul piano metodologico, nuovi elementi di conoscenza per una più completa valutazione dei rischi lavorativi.

## 2. IL COMPARTO LATERIZIO PIEMONTESE E I RIFIUTI UTILIZZATI

Dalla banca dati INAIL risulta che nel 2008 in Piemonte sono attive 26 fornaci produttrici di laterizi. I sopralluoghi effettuati presso di esse hanno evidenziato che su 26 aziende, 20 non impiegano rifiuti nel proprio ciclo produttivo, in linea con una propria politica aziendale legata alla qualità dei manufatti prodotti, nonostante le forti pressioni del mercato che spingono verso il loro impiego. Altre 5 aziende hanno impiegato questi rifiuti in passato, abbandonando l'impiego per problematiche connesse alla qualità finale dei manufatti (colore, resistenza, ecc.) e agli aspetti igienistico ambientali. I rifiuti utilizzati in passato da queste aziende provenivano prevalentemente dalle industrie cartiere, ceramiche e della lavorazione della lana.

Una sola azienda, infine, utilizzava, da diversi anni, rifiuti industriali per la produzione dei propri manufatti. Si tratta di rifiuti provenienti dal comparto metallurgico, più precisamente da una azienda leader nei trattamenti superficiali di tubi in acciaio e acciaio legato. Il manufatto prodotto è del tipo "forato ad alto isolamento termoacustico" destinato alla costruzione di muri e solai da intonacare.

Durante il sopralluogo eseguito presso l'unica azienda utilizzatrice del rifiuto, è stata visionata tutta la documentazione che lo accompagnava. In particolare, sono stati esaminati il formulario rifiuti e l'analisi chimica eseguita da un

**Tabella 1** – Dati analitici eseguiti da un laboratorio privato per la caratterizzazione del rifiuto.

laboratorio privato, per conto del produttore, ai fini della caratterizzazione (Tabella 1). Il rifiuto era codificato con CER 190814, cioè "Fanghi da trattamento acque di processo" secondo l'allegato 1, suballegato 1 delle "Norme tecniche generali per il recupero di materia dai rifiuti non pericolosi" del D.M. 5 aprile 2006 n. 186.

La quantità approssimativa in giacenza era di 8-10 tonnellate, con massa soffice e continua dalla colorazione bruna.

<b>ANALISI SUL CAMPIONE TAL QUALE</b>				
<b>PARAMETRI</b>	<b>U. M.</b>	<b>RISULTATI</b>	<b>LIMITI</b>	<b>METODICHE D'ANALISI</b>
Cromo totale	mg/Kg Cr	917	250.000	EPA 3051 1994 APAT CNR IRSA 3020 Man. 29 2003
Cromo VI	mg/Kg Cr <sup>VI</sup>	< 0,1	1000	CNR IRSA 16 Q 64 VolE 1985
Cadmio	mg/Kg Cd	< 0,1	1000	EPA 3051 1994 APAT CNR IRSA 3020 Man. 29 2003
Piombo	mg/Kg Pb	6,35	5000	EPA 3051 1994 APAT CNR IRSA 3020 Man. 29 2003
Rame	mg/Kg Cu	107	2.50000	EPA 3051 1994 APAT CNR IRSA 3020 Man. 29 2003
Arsenico	mg/Kg As	1,75	1000	EPA 3051 1994 APAT CNR IRSA 3020 Man. 29 2003
Mercurio	mg/Kg Hg	< 0,1	1000	EPA 3051 1994 APAT CNR IRSA 3200 Man. 29 2003

**NOTE:** Vista la tipologia del campione conferito al nostro laboratorio, l'analisi chimica effettuata e le concentrazioni limite stabilite dall'Art.2 della Decisione CEE/CEEA/CECA n. 352 del 03/05/2000, il campione di cui sopra è NON PERICOLOSO.

Si è, quindi, proceduto al campionamento del rifiuto secondo quanto prescritto dalla norma UNI 10802 dell'ottobre 2004 "Campionamento manuale di rifiuti solidi, granulari pastosi e fanghi". Sono stati altresì prelevati due blocchi prodotti con il rifiuto.

Prima di inviare il campione al laboratorio della CONTARP Centrale per le analisi di riscontro, è stato effettuato un sopralluogo presso l'azienda produttrice del rifiuto per esaminare il ciclo tecnologico che origina il rifiuto stesso, con la finalità di indirizzare adeguatamente l'indagine analitica a parametri di interesse igienistico industriale, in aggiunta a quanto già contenuto nel certificato di caratterizzazione.

Esaminato il ciclo lavorativo e le schede informative di sicurezza di tutti i prodotti chimici impiegati nei trattamenti, è emerso che elementi chimici presenti nel rifiuto, quali cromo e rame, riscontrati nell'analisi di caratterizzazione, non avessero origine dalle formulazioni chimiche aggiunte per i trattamenti ma dall'asportazione chimica degli acidi sugli acciai.

Per quanto riguarda la presenza di piombo nel rifiuto, vista l'esigua percentuale contenuta negli acciai, è probabile che la sua provenienza derivi da parti impiantistiche realizzate in piombo al fine di sopportare l'azione corrosiva dell'acido solforico, e/o come contaminante stesso dell'acido solforico utilizzato nei trattamenti di decapaggio. Il contributo del nichel è dato sia dagli acciai sia da alcuni composti aggiunti per la fosfatazione.

Il processo produttivo ha consentito di scartare dall'indagine altri agenti di interesse eziologico e pertanto l'analisi è stata completamente orientata alla ricerca di metalli.

## 2.1 L'analisi chimica

I campioni prelevati in azienda sono stati analizzati dal laboratorio della CONTARP Centrale per determinare i metalli quali piombo (Pb), cadmio (Cd), cromo totale (Cr), manganese (Mn), nichel (Ni) e rame (Cu).

L'analisi, eseguita mediante Spettrofotometria in Assorbimento Atomico con fornello (Perkin Elmer 3100) mediante procedura IRSA Fanghi (metalli pesanti) EPA 3050 B, ha restituito i risultati riportati in Tabella 2. Dal confronto fra i

**Tabella 2 – Risultati analitici**

RISULTATI ANALITICI A CONFRONTO		
PARAMETRO	DATO ANALISI INAIL	DATO ANALISI CARATTERIZZAZIONE
Residuo secco a 105° C %	21	39,1
Residuo secco a 600° C %	31	31,8
Cromo totale mgCr/Kg ss	16	917
Cadmio mgCr/Kg ss	22	< 0,1
Piombo mgCr/Kg ss	1.497	6,35
Rame mgCr/Kg ss	n.d.	107

risultati ottenuti e quanto contenuto nella caratterizzazione del rifiuto è stata rilevata, per i parametri analitici in comune, una certa discrepanza di valori, giustificabile dal fatto che si trattava di lotti diversi di rifiuto, già caratterizzato da forte variabilità compositiva e, verosimilmente, da metodiche di campionamento diverse.

Seppure le quantità determinate dall'analisi CONTARP consentono di continuare a classificare il rifiuto come *non pericoloso*, è evidente che la presenza dei metalli determinati costituisce un fattore di rischio lavorativo da valutare. Naturalmente, l'esposizione professionale è da ricondurre direttamente all'esposizione a particolato aerodisperso derivante dalla comminazione meccanica del rifiuto tal quale, per il comparto laterizio, e dalla lavorazione con utensili da taglio dei mattoni per la loro posa, per il comparto costruzioni.

## 3. VALUTAZIONE DEL RISCHIO

Non è stato possibile effettuare campionamenti del particolato aerodisperso nell'azienda utilizzatrice del rifiuto, poiché questa ha riportato, in tempi brevissimi, il proprio ciclo produttivo al modello tradizionale.

Relativamente al comparto costruzioni, la valutazione del rischio è stata concentrata sulla lavorazione di taglio del laterizio. Infatti, la letteratura di settore suggerisce l'impiego di un flessibile o di una sega a disco per poter tagliare i blocchi ad alto isolamento termoacustico, al fine di ottenere pezzi speciali per completare gli angoli e i fianchi della muratura o per realizzare le mazzette di porte e finestre (Imprese Edili, 2007).

Un ulteriore fonte di esposizione può ravvisarsi nelle operazioni di demolizione di tramezzi e solai, realizzati con blocchi contenenti il rifiuto.

Per la valutazione dell'esposizione alle polveri aerodisperse, generate sia dall'impiego di strumenti da taglio sul laterizio contenente il rifiuto che da operazioni di demolizione, è stato effettuato un approccio di tipo simulato, utilizzando i blocchi precedentemente prelevati. Tale scelta è stata dettata da varie difficoltà quali individuare un cantiere edile con in corso la posa in opera del manufatto prodotto con il rifiuto o attività di demolizione di murature con esso realizzate.

Per procedere con le operazioni di taglio e campionamento, si è allestito un ipotetico cantiere edile all'aperto dando corso ad operazioni di taglio a secco mediante disco flessibile. Si è scelto di operare all'aperto per poter campionare in condizioni meno gravose possibili, riducendo i potenziali accumuli di polveri in ambiente confinato.

Per il dosaggio di metalli nelle polveri aerodisperse, si è reso necessario un campionamento attivo cioè, la raccolta del campione mediante il passaggio forzato dell'aria ambiente attraverso un filtro montato su un campionatore in grado di raccogliere il particolato.

### 3.1 Risultati analitici

#### 3.1.1 I metalli

I filtri in esteri misti di cellulosa (MCE) sono stati preparati opportunamente per l'analisi in spettrofotometria in assorbimento atomico. Considerata la matrice solida presente sulle superfici dei filtri, questi sono stati preventivamente mineralizzati. Lo spettrofotometro di assorbimento atomico impiegato è stato un Perkin Elmer 3100 con fornello a grafite.

Il metodo di analisi utilizzato e le condizioni operative sono state conformi alle linee guida OSHA ID 121. Nelle tabelle 3 e 4 sono riportati rispettivamente i risultati analitici ottenuti e le relative concentrazioni.

**Tabella 3** – Tabella dei parametri analitici inerenti i metalli presenti nella frazione inalabile del particolato

RISULTATI ANALITICI					
CAMPIONE	NICHEL mg	MANGANESE mg	PIOMBO mg	RAME mg	CROMO TOT. mg
<b>1</b>	0,20	0,10	0,10	0,08	0,02
<b>2</b>	0,10	0,054	0,10	0,26	0,05
BIANCO	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

**Tabella 4** – Concentrazioni degli analiti aerodispersi nelle frazioni campionate

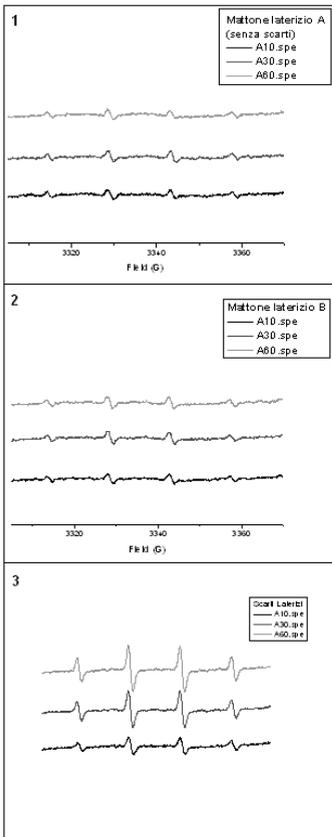
CAMPIONE	NICHEL mg/m <sup>3</sup>	MANGANESE mg/m <sup>3</sup>	PIOMBO mg/m <sup>3</sup>	RAME mg/m <sup>3</sup>	CROMO TOT. mg/m <sup>3</sup>
<b>1</b>	0,416	0,208	0,208	0,166	0,041
<b>2</b>	0,207	0,112	0,207	0,538	0,103

#### 3.1.2 I test di Spin-Trapping

I test di spin-trapping consentono di individuare la capacità di alcuni materiali di rilasciare specie radicaliche, alla base del danno cellulare. Con le metodiche messe a punto dal centro "G. Scansetti" dell'Università di Torino, sono stati sottoposti a questi test campioni costituiti da laterizio realizzato senza rifiuto, laterizio realizzato con il rifiuto e il rifiuto tal quale.

In particolare, i campioni massivi, opportunamente ridotti in polvere, sono stati sottoposti al test di rilascio di radicali ossidrilici e al test di rottura omolitica del legame C-H. Dall'analisi in spettrometria di risonanza paramagnetica elettronica (EPR), è emerso che tutti i campioni (Figura 1: 1 = blocco realizzato senza il rifiuto, 2 = blocco realizzato con il rifiuto e 3= rifiuto tal quale) e in entrambi i test, si comportano allo stesso modo. In dettaglio, nel test di rilascio di radicali ossidrilici, come riportato in Figura 1, compare un minimo segnale comune per i due blocchi (campioni 1 e 2), giustificabile dalla

normale presenza di ferro nell'argilla impiegata. Inoltre, l'intensità del segnale del campione 2 sembra non essere influenzato dalla presenza del rifiuto, anzi risulta di intensità inferiore rispetto al segnale restituito dal rifiuto tal quale (campione 3). Per quanto riguarda il test di rottura omolitica del legame C-H, non è stato rilevato alcun segnale apprezzabile in nessuno dei tre campioni.



**Figura 1.** Spettri EPR dei test di rilascio dei radicali ossidrilici.

L'intensità del segnale nel test di rilascio di radicali ossidrilici del rifiuto aumenta all'aumentare del tempo di incubazione. Le tre curve si riferiscono a misure effettuate dopo 10, 30 e 60 minuti di reazione. Per ogni misura sono state effettuate tre scansioni successive.

Poiché i test di rottura omolitica del legame C-H effettuati sui tre campioni, non hanno evidenziato generazione apprezzabile di radicali, è stato effettuato un ulteriore test in presenza di acido ascorbico, allo scopo di simulare i possibili meccanismi che avvengono all'interno dei fluidi biologici (Fenoglio et al., 2006). L'acido ascorbico, infatti, è in grado di ridurre eventuali ioni presenti in forma ossidata che potrebbero, così, attivarsi e portare alla generazione di radicali.

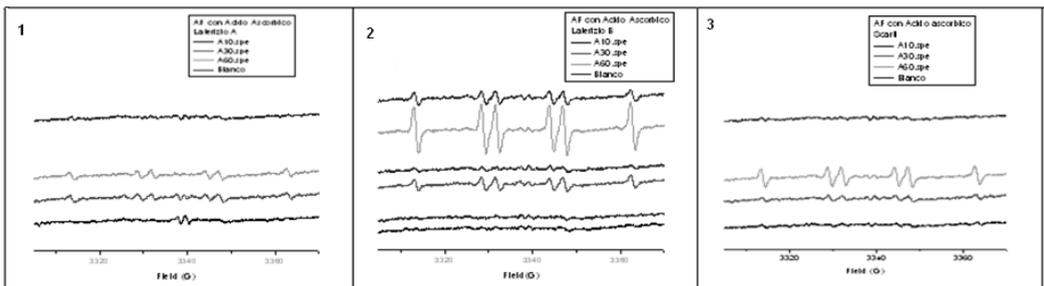
Per i test con acido ascorbico è stata effettuata anche una misura del "bianco" utilizzando solo i reagenti senza i campioni per verificare di non avere dei falsi positivi; inoltre sono state effettuate diverse prove per ogni campione.

Dagli spettri del test di rottura omolitica del legame C-H in presenza di acido ascorbico (Figura 2) si può notare che tutti e tre i campioni danno dei segnali indice del fatto che l'acido ascorbico ha ridotto gli ioni presenti in forma ossidata.

Questa prova fa emergere una diversa risposta tra il laterizio realizzato senza rifiuto ed il laterizio realizzato con il rifiuto, evidenziando una maggiore reattività di quest'ultimo sia rispetto al laterizio senza rifiuto sia rispetto al rifiuto tal quale. Il segnale restituito, infatti, evidenzia, seppur con un'alta variabilità di risposta, un contributo di tipo sinergico ad opera del rifiuto aggiunto (penultima curva in l'alto).

**4. VALUTAZIONE DEL DATO E CONCLUSIONI**

La Tabella 5 mette a confronto, per i metalli dosati, le concentrazioni determinate nel particolato aerodisperso con i



**Figura 2.** Spettri EPR dei test di rottura omolitica del legame C-H in presenza di acido ascorbico.

relativi TLV. Risulta che piombo e nichel sono presenti nelle polveri inalabili in concentrazioni superiori ai TLV. Per il manganese, la concentrazione aerodispersa, pur non superando il relativo TLV, si è rivelato superiore al livello d'azione.

**Tabella 5** – Confronto delle concentrazioni misurate con i rispettivi valori limite di soglia

ANALITA	CONCENTRAZIONE mg/m <sup>3</sup>	TLV-TWA mg/m <sup>3</sup>	NOTE
NICHEL	0,311	0,2	ACGIH, composti inorganici insolubili (cancerogeno)
MANGANESE	0,160	0,2	ACGIH, elemento e composti inorganici (come Mn)
PIOMBO	0,207	0,15	D. Lgs. n. 81/08
RAME	0,352	1	ACGIH, polveri e nebbie
CROMO TOTALE	0,072	0,5	ACGIH, cromo metallo e Cromo III
CROMO TOTALE	0,072	0,01	ACGIH, cromo VI insolubile (cancerogeno)

E' evidente quindi come l'utilizzo di questa tipologia di rifiuto nella produzione dei laterizi, introduce sostanziali ed ulteriori fattori di rischio nel comparto laterizi e costruzioni.

La decisione dell'azienda utilizzatrice di ritornare al ciclo produttivo classico, senza impiego di rifiuti, non ha consentito la dovuta caratterizzazione del nuovo rischio introdotto dall'impiego del rifiuto. Per quanto concerne il comparto costruzioni, l'approccio sperimentale alla valutazione del rischio, ha confermato l'ipotesi che l'impiego del rifiuto nella

produzione del laterizio rappresenta un rischio occulto. Sarebbe quindi necessario che laterizi così prodotti, venissero dotati di un contrassegno per consentire una adeguata valutazione del rischio.

In fine, dai test effettuati dal Centro "G. Scansetti" è emersa sia la capacità del rifiuto di formare radicali ossidrilici, alla base del danno cellulare, sia di trasferire tale capacità al laterizio in misura amplificata rispetto al rifiuto tal quale.

## RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano il Dott. Giuseppe Cerami, il Dott. Onofrio Di Gennaro per aver consentito lo sviluppo del "Progetto Laterizi". Si ringraziano, altresì, per la collaborazione il Dott. Giuseppe Gargaro e la Dott.ssa Giovanna Petrozzi, laboratorio della CONTARP Centrale e l'Ing. Giusto Tamigio e l'Ing. Biagio Principe, CONTARP Lombardia.

## BIBLIOGRAFIA

**Decreto Ministeriale 5 aprile 2006, n. 186** - Regolamento recante modifiche al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero, ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22". - Gazzetta Ufficiale del 19 maggio 2006, n. 115.

**Fenoglio I., Tomatis M., Lison D., Muller J., Fonseca A., Nagy J.B., and Fubini B.** - Reactivity of carbon nanotubes: Free radical generation or scavenging activity? Free Radical Biology and Medicine, 2006.

**Imprese Edili** – Speciale ristrutturazione – Rivista n. 185 Anno 17 15 ottobre 2007.

**IRSA CNR** – Metodi analitici per i fanghi. Quaderno n. 64, 1985.

**Norma UNI Ottobre 2004, n. 10802** - Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi. Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati.

**OSHA ID 121** - Metal & Metalloid Particulates In Workplace Atmospheres (Atomic Absorption) – February 2002

# INDAGINE MICROBIOLOGICA NEI LABORATORI NON SANITARI: UN CONTRIBUTO ALLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

D. SARTO<sup>1</sup>, A. SANGIUOLO<sup>2</sup>, S. TRICHILO<sup>2</sup>, M. ALBERTAZZI<sup>3</sup>, E. ZUNINO<sup>3</sup>, D. VIGLIONE<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INAIL – Direzione Regionale Liguria - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

<sup>2</sup>ARPAL - Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure Direzione Generale – U.O. Laboratorio

<sup>3</sup>ARPAL - Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure Direzione Generale - Servizio di Prevenzione Protezione, Genova

## RIASSUNTO

Il D.Lgs. 81/08 ha confermato la necessità per le aziende valutazione del rischio biologico, introdotta dal D.Lgs. 626/64. Alla luce di tale necessità è stata studiata la situazione per i laboratori non afferenti all'area sanitaria, per i quali si configura sia rischio biologico deliberato che esposizione potenziale; le possibili fonti di rischio sono innumerevoli, ma le probabilità reali di contaminazione sembrano essere molto più contenute. A completamento della valutazione del rischio biologico è apparso utile realizzare una duplice campagna di monitoraggio microbiologico indirizzata principalmente ai laboratori chimici e volta alla determinazione dei livelli di contaminazione degli ambienti e/o delle fasi lavorative. I laboratori biologici sono oggetto settimanalmente del controllo di contaminazione delle superfici e mensilmente del bioaerosol interno alle cappe biohazard; sono inoltre costantemente applicate procedure di contenimento della contaminazione microbica sia dal punto di vista della qualità che della sicurezza. Lo scopo dei campionamenti è da un lato la verifica della effettiva contaminazione (presumibilmente scarsa) degli ambienti e dall'altro la verifica dell'efficacia dei sistemi di pulizia e disinfezione, al fine di suggerire alcune implementazioni dove necessario, nell'ottica prevenzionale che costituisce il più importante significato della valutazione del rischio biologico precedentemente affrontata.

## SUMMARY

Biological risk assessment is necessary for manager of all type of industries, but in industries different from sanitary field it is very difficult for people to assess risk correctly. This work aim to study contamination of ARPAL chemical and physical analisys laboratory, to test results of teoric study about biological risk. We realised a double series of samplings, during winter and summer season to test microbiological contamination due to activities or to climatization plant, to verify efficacy of applied disinfection systems or to improve them if necessary.

## 1. MATERIALI E METODI

Sono stati realizzati campionamenti del bioaerosol e delle superfici del laboratorio comprendendo sia aree propriamente analitiche che aree accessorie.

Si sono prese in esame le aree di accettazione dei campioni (st.17), di preparazione dei campioni suolo (st.122/123), di lavaggio della vetreria proveniente dall'attività di analisi chimica (st.39) e dal laboratorio biologico (st.145), di preparazione di matrici alimentari per analisi in HPLC (st.10), di analisi acque di scarico (st.136), di preparazione e analisi fisica (radioattività) di matrici alimentari e ambientali (29), preparazione campioni ambientali per ricerca amianto (st.148). Sono stati prelevati campioni di aria anche dai corridoi di comunicazione tra le stanze e, per ogni giornata di campionamento, un punto aria all'esterno.

I campionamenti sono stati effettuati nell'aria ambiente e sulle superfici di lavoro, in alcuni laboratori sia sui banconi che sulle superfici interne delle cappe chimiche. Sono stati effettuati inoltre alcuni campionamenti sui camici utilizzati dal personale. Durante la prima campagna di campionamento è stata effettuata anche la ricerca di *Legionella* spp nell'acqua della rete idrica che alimenta l'impianto di acqua sanitaria e l'UTA. In totale sono stati effettuati 60 campionamenti in 13 punti di prelievo per

quanti riguarda l'aria e 30 campionamenti di superfici in 10 punti di prelievo individuati a seguito della valutazione del rischio come quelli a maggior rischi o potenziale. La campagna di monitoraggio ha avuto luogo in due periodi dell'anno (luglio e gennaio/febbraio); alcuni prelievi sono stati ripetuti a dicembre per conferma dei valori più elevati riscontrati. Contemporaneamente ai prelievi ambientali è stato eseguito anche il monitoraggio dell'impianto di condizionamento attraverso prelievi di aria ad altezza della UTA in ingresso e in uscita e a livello delle bocchette di immissione dell'aria negli ambienti di lavoro. Per il prelievo dell'aria sono stati utilizzati due campionatori ad impatto su piastra (Microflow Aquaria 60/90 e PBI SAS mod. 5203) impostati allo stesso volume di campionamento. E' stata valutata la carica batterica totale mesofila e psicrofila e la carica micotica come indicatori di qualità dell'aria ambiente, in conformità a quanto indicato dalle Linee Guida INAIL per il monitoraggio microbiologico negli ambienti di lavoro (2005). Non è stato ritenuto opportuno eseguire ricerche per microrganismi indice in quanto la carica microbica attesa era bassa e a maggior ragione non vi erano motivi di ritenere rilevabili microrganismi specifici. I campionamenti estivi si sono svolti in due momenti: ad inizio mattinata e a fine turno lavorativo; poiché i risultati della prima campagna non hanno fatto apprezzare rilevanti differenze tra "prima e dopo" nella seconda campagna è stato effettuato un solo prelievo verso la fine del turno lavorativo. Nell'intervallo tra le due campagne è stata effettuata una ripetizione dei campionamenti in due punti nei quali i valori di contaminazione nella prima campagna sono risultati più elevati rispetto alla totalità degli altri, a conferma del corretto operato e della correttezza dell'informazione che ne è stata ricavata. Per ogni giornata di campionamento è stata effettuata anche un prelievo all'esterno, quando possibile nel punto di immissione dell'aria nei locali.

La metodica adottata ha previsto l'impiego di piastre Petri diametro 60 mm in triplo, per la carica batterica mesofila e psicrofila e per la carica micotica. Per la carica batterica si è utilizzato il terreno "Plate count agar" (PCA) e per la carica micotica il terreno Sabouraud Dextrose agar (SDA). Per il l'aria ambiente si sono campionati per ogni replica 300 l di aria per la carica batterica mesofila e psicrofila e per la carica micotica. Per il campionamento delle superfici e dei camici da lavoro si sono usate piastre RODAC, contenenti i medesimi terreni, con l'applicatore dedicato per un tempo di applicazione di 10". Gli indumenti sono stati adagiati su una superficie piana e ciascun parametro è stato campionato in tre punti adiacenti tra loro. Le piastre per la ricerca della carica batterica totale mesofila e psicrofila sono state poste ad incubare rispettivamente ad una temperatura di 37°C e 22°C e per 48 e 72 ore. Le piastre per la ricerca della carica fungina totale a 25°C per 72 ore. I risultati sono stati espressi per l'aria ambiente in UFC/m<sup>3</sup> e per le superfici in UFC/cm<sup>2</sup>. I valori di concentrazioni ottenuti sono stati confrontati con le categorie di contaminazione proposte dalla Commissione delle Comunità Europee nel 1993 per gli ambienti indoor non industriali in quanto per tipologia di ambiente e di attività questi ambienti a nostro avviso possono essere considerati tali (vedi tab. 1).

Tabella 1

Categoria di inquinamento microbiologico BATTERI	Ambienti indoor non industriali UFC/m <sup>3</sup>
Molto bassa	< 50
Bassa	<100
Intermedia	< 500
Alta	< 2.000
Molto alta	> 2.000

Categoria di inquinamento microbiologico MICETI	Ambienti indoor non industriali UFC/m <sup>3</sup>
Molto bassa	< 25
Bassa	<100
Intermedia	< 500
Alta	< 2.000
Molto alta	> 2.000

Le medesime fasce orientative sono state proposte per la carica mesofila totale al 56° congresso SIMLII. I parametri ricercati sono stati inoltre valutati nel loro igiene attraverso gli indici proposti da Dacarro et al. (tab.2)

Tabella 2 – Proposta di classi di contaminazione dell’aria indoor

Categoria	IGCM/m <sup>3</sup>	Classe
Molto bassa	< 500	
Bassa	< 1.000	
Intermedia	> 1.000	A: IGCM >1000; ICM <3; IA <3 B: IGCM >1000; ICM >3 o IA >3 C: IGCM >1000; ICM >3; IA >3
Alta	> 5.000	D: IGCM >5000; ICM <3; IA <3 E: IGCM >5000; ICM >3 o IA >3 F: IGCM >5000; ICM >3; IA >3
Molto alta	> 10.000	G: IGCM >10.000; ICM <3; IA <3 H: IGCM >10.000; ICM >3 o IA >3 I: IGCM >10.000; ICM >3; IA >3

I risultati dei campionamenti sugli indumenti da lavoro sono stati espressi in UFC/cm<sup>2</sup> e, in assenza di qualsiasi riferimento specifico, sono stati confrontati tra loro i valori ottenuti da indumenti in differenti fasi di lavoro.

Contemporaneamente ai campionamenti microbiologici sono stati misurati i parametri microclimatici di temperatura, umidità e velocità dell’aria del locali nei quali si stava effettuando il campionamento microbiologico e all’esterno.

## 2. RISULTATI

### 2.1 Qualità dell’aria

I risultati dei campionamenti hanno mostrato una situazione complessivamente buona, l’IGCM infatti rimane nel 95% dei punti campionati entro il range della categoria “molto basso” ad eccezione di due valori che rientrano rispettivamente nella categoria di contaminazione “alta” e “molto alta”. Un’analisi più dettagliata attraverso il confronto dei singoli gruppi di microrganismi con le relative categorie di contaminazione proposte evidenzia una contaminazione prevalentemente “molto bassa” e “bassa”, solo in alcuni casi “intermedia” per tutti e tre i gruppi indice, ma evidenzia anche che la contaminazione fungina è mediamente più elevata rispetto alle altre due. In questo gruppo di microrganismi sono stati riscontrati anche alcuni valori di contaminazione “molto alta”.

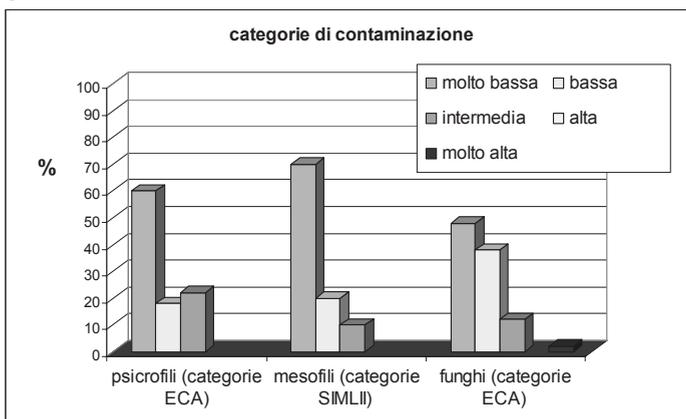


Figura 1 - % di campionamenti e classe di contaminazione

Il confronto tra le due campagne di campionamento (figura 2) mostra un andamento incostante, con indice globale di contaminazione generalmente più elevato in inverno che in estate.

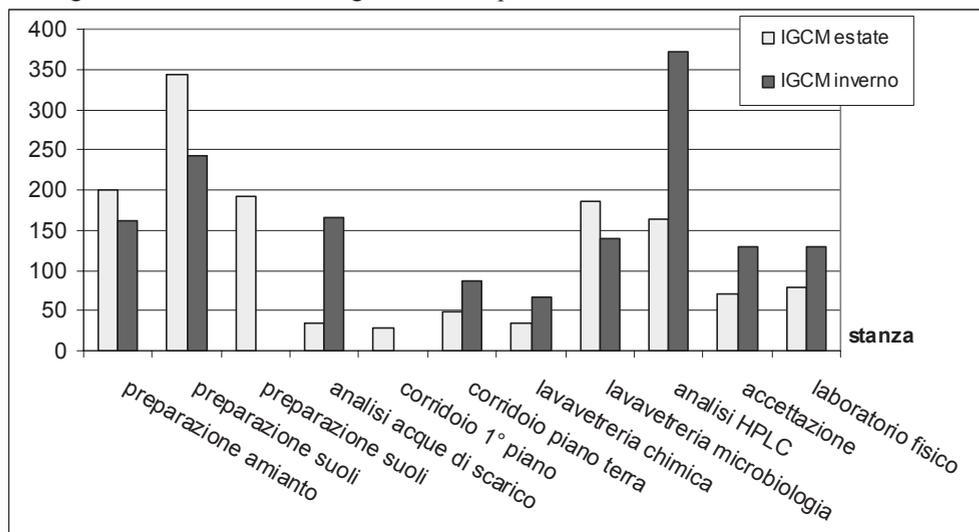


Figura 2: IGCM per le diverse attività

In alcuni casi sono stati effettuati campionamenti prima e dopo le attività lavorative; in questi campionamenti il confronto dei risultati non ha fatto apprezzare significative differenze di contaminazione.

Il dettaglio dei risultati dei campionamenti di bioaersol ha messo in evidenza una situazione relativa ad alcuni ambienti che, benché sempre entro categorie di contaminazione “intermedia”, si discostava dalla quasi totalità degli altri campionamenti. In tre stanze le concentrazioni di batteri e miceti riscontrate sono state decisamente più elevate che nelle altre. Si tratta di stanze in cui vengono svolte operazioni di:

- preparazione di matrici alimentari per analisi in HPLC
- preparazione e analisi fisica (radioattività) di matrici alimentari e ambientali (scarichi, percolato, fanghi di depuratori)
- preparazione dei campioni suolo

A conferma dei risultati ottenuti nel primo campionamento estivo sono stati eseguiti ulteriori prelievi di aria in inverno, che hanno riguardato solo le tre attività elencate, prima della campagna invernale vera e propria. Sia i valori della ripetizione sia i successivi valori della campagna invernale sono stati sempre decisamente più elevati rispetto a quelli delle altre stanze, evidenziando quindi una situazione più compromessa dal punto di vista della contaminazione ambientale. A seguito di questi risultati, le stanze elencate sono state oggetto di pulizia profonda e soprattutto sono state studiate e realizzate buone pratiche, in modo da evitare la formazione e diffusione di bioaerosol potenzialmente contaminato da agenti biologici presenti nel materiale in analisi. In particolare in st.10 si è introdotta una modifica procedurale che consiste semplicemente nel versare a umido il materiale da analizzare anziché a secco nel recipiente della triturazione, in questo modo si evita la formazione di notevoli quantità di aerosol e, come è stato possibile constatare direttamente, si ha una drastica diminuzione dei valori di contaminazione ambientale. (figura 3). Per quanto riguarda la setacciatura dei terreni si è migliorato l'utilizzo in tale fase della cappa chimica presente.

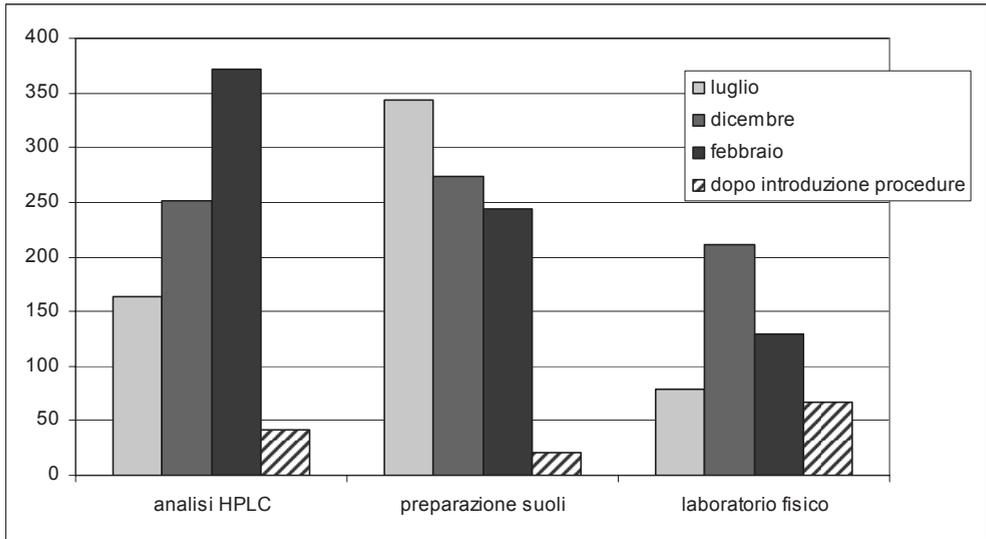


Figura 3 – IGCM prima e dopo l’introduzione delle buone pratiche microbiologiche

**2.2 Confronto con l’esterno**

I campionamenti eseguiti all’esterno sono stati confrontati con i risultati ottenuti nelle stanze attraverso l’indice di Amplificazione (IA) proposto da Dacarro et al. che esprime la amplificazione della contaminazione interna rispetto a quella esterna (IGCM interno/IGCM esterno). L’IA è risultato >1 nella maggior parte dei casi, in particolare su 9 aree del laboratorio analizzate in 5 di esse l’IA è >1 in entrambi i campionamenti e anche nella ripetizione invernale, quando effettuata. Tre aree in particolare in estate hanno dato risultati molto elevati. La situazione è simile nella stagione invernale.

Tabella 3 – Indice di Amplificazione nei laboratori ARPAL

laboratorio	IA luglio 07	IA dicembre 07	IA febbraio 08
preparazione amianto	11,7		2,5
preparazione suoli	20,2	0,5	3,7
preparazione suoli	11,3		
analisi acque di scarico	2,1	1,5	2,5
lavavetreria chimica	0,4		1,0
lavavetreria microbiologia	1,9		2,1
analisi HPLC	1,7	0,4	0,2
accettazione	0,7		0,1
laboratorio fisico	0,8	0,4	0,1

**2.3 Qualità delle superfici**

Le contaminazioni microbiche riscontrate sulle superfici di lavoro sono state sempre estremamente contenute, solo raramente superiori alle 10 ufc/cm<sup>2</sup>, si è ritenuto quindi di poter concludere che le procedure in atto per la pulizia e disinfezione delle superfici sono appropriate.

**2.4 Qualità degli indumenti da lavoro**

Il campionamento è stato eseguito sui camici degli operatori sia puliti sia usati. In figura 4 sono evidenziati i risultati.

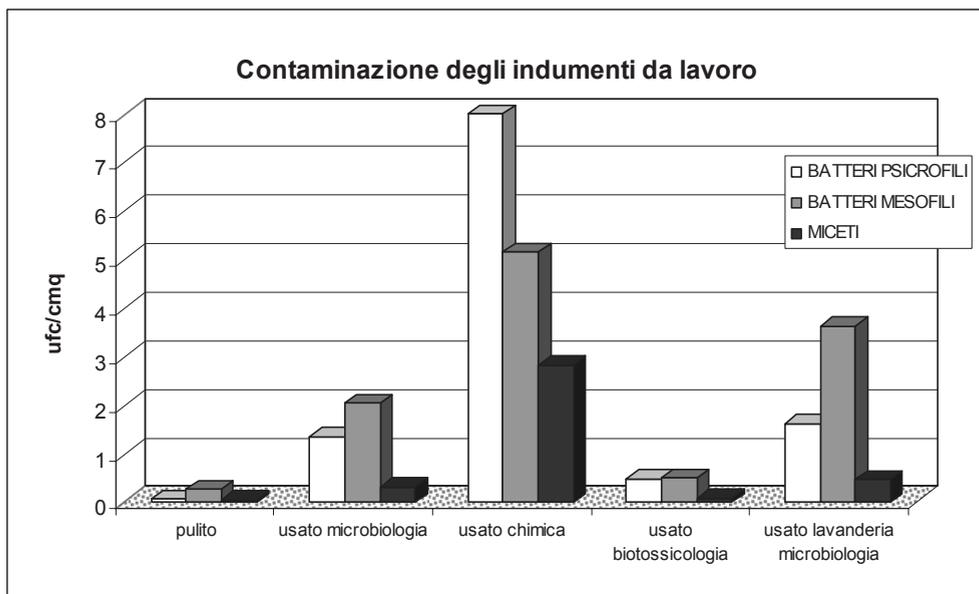


Figura 4 – contaminazione degli indumenti da lavoro

Mentre i camici puliti hanno sempre una contaminazione molto bassa, l'usato ha dato risultati diversificati, suggerendo l'opportunità di stabilire una frequenza minima per il cambio dell'indumento di lavoro.

Il numero di campionamenti effettuati però è ridotto, per cui il risultato ottenuto può essere solo un suggerimento eventualmente da approfondire.

### 2.5 Impianto di climatizzazione

L'impianto di condizionamento costituito da una unità UTA, canalizzazioni e bocchette di mandata e di ritorno poste nei corridoi dei locali, è stato oggetto di indagine microbiologica al fine di verificarne lo stato di pulizia/contaminazione e la sua eventuale influenza sulla qualità dell'aria dei locali serviti.

Il campionamento è stato effettuato a 2 mesi di distanza dall'ultima sostituzione dei filtri dell'UTA

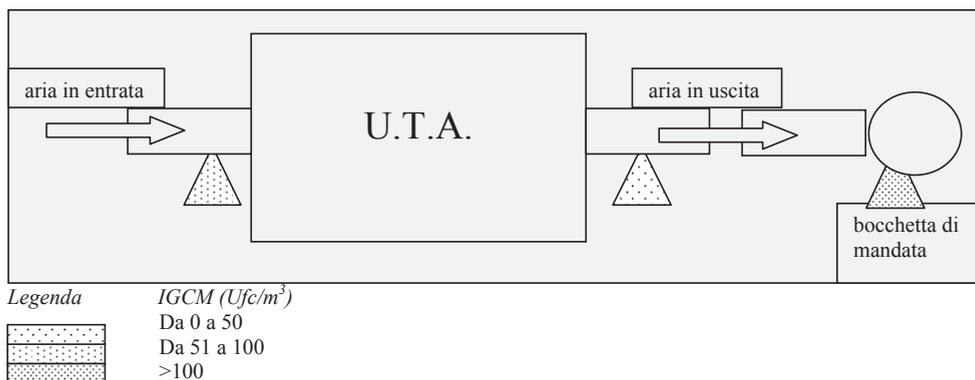


Figura 5

Lo schema in figura 5 sintetizza graficamente i risultati ottenuti. Tutti sono entro la classe di contaminazione "molto bassa" (in termini di IGCM), ma nel dettaglio si osserva che l'aria in entrata (quindi aria esterna, prelevata ad altezza del tetto dell'edificio) ha un livello di contaminazione

molto basso, dopo aver attraversato i filtri la contaminazione è praticamente assente, mentre al momento di essere immessa nei locali ha un livello di contaminazione più elevato che in ingresso (circa doppio). Questi risultati sembrano suggerire da un lato l'efficienza dei filtri, mentre dall'altro una problematica a livello delle canalizzazioni, che potrebbero richiedere una pulizia più accurata.

### 3. CONCLUSIONI

Lo studio sviluppato da INAIL e da ARPAL ha permesso di confermare quanto già era stato rilevato nella VDR effettuata tramite valutazioni teoriche, e cioè, per quando riguarda i laboratori di analisi dell'Agenzia, la presenza di un rischio di esposizione da agenti biologici accettabile e controllato.

Tale attività di valutazione ha inoltre messo in evidenza l'importanza delle analisi ambientali, a supporto della valutazione del rischio teorica, effettuate con lo scopo di confermare gli esiti della VDR stessa facendo risaltare inoltre quelle zone in cui, benché non sia stato rilevato un rischio biologico alto o altissimo, possono essere attuati quei miglioramenti organizzativi e gestionali utili all'attenuazione di rischi in altro modo poco messi in evidenza.

Inoltre il monitoraggio effettuato in periodi differenti è stato utile per la verifica del mantenimento nel tempo delle condizioni adeguate dei livelli di sicurezza del luogo di lavoro.

Il campionamento ha infine confermato che non sempre un rischio è maggiore ove vi è maggiore probabilità di presenza dell'agente ma molto spesso il rischio è più alto dove si ha meno consapevolezza e meno cultura nel trattare certe problematiche. È per tale motivo che si è rilevata una maggiore probabilità di contaminazione nei laboratori ove si effettuano analisi chimiche rispetto ai locali dei laboratori di microbiologia.

### BIBLIOGRAFIA

**D.Lgs. 81/08:** Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

**INAIL** – Linee guida -Il monitoraggio microbiologico degli ambienti di lavoro. Campionamento e analisi. CONTARP ed. 2005

**European Collaborative action**, Indoor air quality and its impact on man. Report n° 12. Biological particles in indoor environments. (1993). Brussels , Lussemburgo

**C. Dacarro, E. Grignani, L. Lodola, P. Grisoli, D. Cottica:** Proposta di indici microbici per la valutazione della qualità dell'aria degli edifici. G It Med Lav Erg 2000

**D. Sarto, M. Albertazzi, B. Soracco, D. Viglione, E. Zunino:** Valutazione del rischio biologico per le attività dei laboratori ARPAL, 2006, Atti del 24° Convegno Nazionale AIDII.

**M. Brunetti, M. Fenoglio, G. Castrogiovanni, D. Cairolì, M. Fontana:** Indagini microbiologiche indoor: valutazione sulle metodologie di prelievo e di analisi dei dati. (2002) Atti del 8° Convegno AIDII . Corvara:119-123



# **STIMA DEL CONSUMO METABOLICO IN EDILIZIA ORIENTATA ALLA CARATTERIZZAZIONE DI DIETA E STILE DI VITA NEI LAVORATORI DIABETICI**

G. G. TROIA, F. DI GANGI, P. MURA, F. PARRONI, V. PRESICCI, G. SPADACCINO  
INAIL – Direzione Regionale Sardegna - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

Alcuni studi scientifici hanno messo in luce particolari evidenze statistiche di una maggiore incidenza degli eventi infortunistici nella popolazione diabetica. La particolare rilevanza epidemiologica di tale popolazione impone anche in ambito lavorativo l'analisi dei rischi connessi alla malattia (dalla perdita di attenzione iniziale fino alla perdita di coscienza in caso di ipoglicemia) e l'adozione di opportune contromisure.

Utilizzando alcuni metodi indiretti e i dati di letteratura è possibile un primo approccio alla complessa problematica. Operando in tal senso, si è proceduto ad una stima del dispendio di energia metabolica per alcune delle più significative mansioni afferenti al comparto dell'edilizia, particolarmente interessato dal fenomeno infortunistico, quantificando dei valori medi di fabbisogno energetico in funzione dell'attività svolta ed elaborando quindi dati utili al sanitario che svolge la sorveglianza sui soggetti diabetici per la formulazione di opportune prescrizioni e consigli, anche in relazione alle abitudini alimentari.

## **SUMMARY**

Several scientific studies pointed out some statistical evidences about a greater frequency of injuries in diabetic population. The particular epidemiological significance of the population suffering diabetes disease requires the related risk assessment (from initial loss of attention to loss of consciousness due to hypoglycaemia) in work environment as well and the resulting countermeasures to be taken.

Using some indirect methods and literature data a first approach to this complex problem is possible. Thus, the metabolic consumption for some of the most important occupations in construction (field particularly concerned by occupational injuries) has been estimated. Then, the average values of energy requirements have been quantified according to the task carried out and the obtained data have been processed to be useful to diabetes surveillance, allowing the physician to provide instructions and tips even on proper eating habits.

## **1. PREMESSA**

Con il termine “diabete” si individuano un gruppo di disturbi metabolici determinati da una non corretta utilizzazione del cibo ingerito da parte dell'organismo umano, ed accomunati dal fatto di presentare una persistente instabilità del livello glicemico del sangue.

In estrema sintesi, in un normale ciclo digestivo gli alimenti assunti vengono trasformati in glucosio, entrano nel sistema circolatorio e sono quindi portati a tutte le cellule del corpo, dove si ha la trasformazione in energia. L'insulina, un ormone naturale secreto dal pancreas, è necessaria per aiutare l'assorbimento del glucosio da parte delle cellule. Se il corpo produce insulina in quantità inferiore al dovuto, non ne produce affatto, oppure non riesce ad usarla nel modo giusto, si parla di diabete.

La particolare rilevanza epidemiologica della popolazione affetta da diabete (diagnosi accertata per oltre il 4% della popolazione italiana, con stime del 6÷10% e trend in continua crescita) impone anche in ambito lavorativo l'analisi dei rischi connessi alla malattia (dalla perdita di attenzione iniziale fino alla perdita di coscienza in caso di ipoglicemia) e l'adozione di opportune

contromisure, sia relative alla sorveglianza sanitaria sia attinenti all'organizzazione del lavoro e all'assegnazione dei compiti operativi.

Il medico che svolge la sorveglianza sanitaria sui soggetti diabetici (sia medico competente che medico di famiglia) potrà essere utilmente ed efficacemente indirizzato dai dati del consumo metabolico del lavoratore in determinate attività. In particolare, la conoscenza dei valori medi del fabbisogno energetico per le diverse figure professionali caratteristiche del comparto esaminato nella presente nota, può costituire un utile strumento di riferimento preliminare per la formulazione di opportune prescrizioni e consigli, anche in relazione alle abitudini alimentari.

## **2. STUDI RELATIVI ALL'INCIDENZA DI INFORTUNI SUL LAVORO CORRELATI CON LA PATOLOGIA DIABETICA**

Le possibili correlazioni tra infortuni sul lavoro e diabete sono state ricercate negli anni attraverso una serie di studi epidemiologici mirati a determinate classi di lavoratori.

Un'equipe scozzese ha redatto uno studio che ha considerato 11.244 casi di pazienti con età superiore ai 15 anni, costretti a cure ospedaliere non inferiori a tre giorni, per il periodo compreso tra luglio 1996 e giugno 1998 (R. L. Kennedy *et al.*, 2002). Tra questi sono stati trovati 151 pazienti affetti da diabete trattato con insulina. Sono stati considerati il meccanismo e la gravità dell'infortunio, i risultati dei controlli e la durata della degenza ospedaliera. Il dato principale ha mostrato come il numero di incidenti per i diabetici, riportato ad una popolazione di 100.000 persone, risulti pari a 291,2 per anno, contro i 148,4 per la popolazione di controllo, ossia, in termini percentuali, pari a circa il doppio (0,29% contro 0,15%). Tra i dati osservati, si rileva che la maggior parte degli incidenti è stata causata da cadute da altezze inferiori a 2 metri (62,3%). In conclusione, lo studio conferma che i pazienti che prendono insulina sono a più elevato rischio di incidenti; tuttavia soltanto quelli causati da cadute da piccole altezze sono aumentati in modo significativo rispetto alla media della popolazione, probabilmente a causa del verificarsi di fenomeni ipoglicemici. Inoltre, i pazienti con diabete appaiono a maggior rischio di frattura dopo una caduta. Invece, per quel che riguarda i casi di incidente automobilistico che coinvolgono autisti diabetici, il numero riscontrato è basso (soltanto 23 casi), e l'incidenza non appare significativamente più alta di quella nella popolazione di riferimento.

Un altro lavoro di analoga natura (T. Carter, 2001), privo però di dati epidemiologici, parte dal presupposto che le prestazioni dei lavoratori nel settore dei trasporti possono risultare alterate da deficit permanenti come difficoltà nella mobilità o difetti nell'apparato visivo, oppure risultare carenti a causa di improvvisi affaticamenti, assunzione di medicinali, droga o alcool. Inoltre possono verificarsi incidenti di portata catastrofica per l'improvvisa incapacità causata da eventi come infarto o simili. Per quel che riguarda il diabete, che è uno dei fattori considerati, l'autore pone l'accento sul problema del trattamento insulinico più che sulla malattia stessa, osservando che il rischio principale di perdita di controllo improvviso dipende da eventi ipoglicemici, dovuti dall'uso di insulina. Questo rischio appare principalmente sotto il controllo diretto del malato e si fa notare come i nuovi regimi terapeutici, pur riducendo i danni a lungo termine della patologia, sembra abbiano aumentato proprio il rischio di incapacità improvvisa.

L'eventuale correlazione tra incidenti stradali e diabete nei lavoratori è stata oggetto specifico di una ricerca canadese (C. Laberge-Nadeau *et al.*, 2000). In questo articolo si presentano le analisi dettagliate dei rischi di incidente per utilizzatori e non utilizzatori di insulina fra i camionisti diabetici. I lavoratori malati sono stati raggruppati per età e messi a confronto con un campione di camionisti sani; i rapporti di rischio (RR) per gli incidenti variano a seconda del tipo di diabete. I camionisti della cosiddetta classe ST (licenza di guida per camion ad un unico modulo) che sono diabetici senza complicazioni e non usano insulina hanno un RR pari a 1,68 se paragonati ai colleghi sani in possesso della medesima licenza (RR uguale a 1). Limitandosi ai soli autisti professionisti, ed inserendo una serie di variabili sull'esposizione a rischio, quelli con la licenza ST hanno un RR pari a 1,76. Si nota invece dalla ricerca come l'uso di insulina non paia associato ad

un maggiore rischio di incidente, ma questo dato risulta poco significativo a causa del limitato numero di utilizzatori di insulina studiato. In un altro lavoro citato nello studio canadese, infatti, su 250 guidatori con diabete trattato con insulina, ben il 34,4% ha avuto gravi casi di ipoglicemia alla guida; il 13,6% ha avuto un incidente e per il 5% l'ipoglicemia è stato un fattore importante nel verificarsi dell'incidente stesso. Negli individui affetti da diabete con complicazioni o trattato con insulina può intervenire anche un effetto di autoselezione che li porta a non guidare o a limitare il lavoro a causa della malattia, anche se le norme non li vincolano ufficialmente in quanto comunque in possesso di patenti di tipo ST o AT (obbligatoria per la guida di autoarticolati).

L'obiettivo dello studio olandese di Weijman *et al.* (2003) era quello di esaminare i rapporti fra caratteristiche del lavoro, difficoltà legate al diabete (sintomi, serietà della malattia, attività di controllo del paziente nella cura e durata della malattia) ed affaticamento in 292 impiegati con il diabete mellito. È stato osservato che sia il lavoro sia i fattori riferiti al diabete sono collegati con l'affaticamento. Esso è da considerarsi come tipico per le persone affette da diabete, che infatti lo avvertono due volte più spesso dei non diabetici. Poiché gli impiegati con il diabete devono controllare lo sforzo relativo al lavoro, così come le difficoltà legate direttamente alla malattia, il rischio di affaticamento sarà più alto e le loro prestazioni possono decadere. L'affaticamento può derivare sia da condizioni di ipoglicemia che da condizioni di iperglicemia, oltre che dalle complicazioni dovute al diabete stesso, come retinopatie, nefropatie, neuropatie, problemi cardiovascolari, e anche dalla fatica derivante dal trattamento della malattia, ossia dall'utilizzazione dell'insulina sul posto di lavoro o dalla difficoltà nel dosaggio della stessa. In conclusione la ricerca ha rilevato che circa la metà dei sintomi di affaticamento è in relazione con la situazione lavorativa (20% circa) e con la malattia (30% circa). L'affaticamento pare più probabile nei casi in cui i colleghi ed i superiori diretti non diano un adeguato supporto al malato, quando le richieste di lavoro sono alte, lo spazio per prendere decisioni individuali è scarso e non vi è sufficiente flessibilità per un'utilizzazione ottimale del tempo (per il dosaggio del glucosio, per l'iniezione di insulina e per un'alimentazione corretta). In definitiva, sia la malattia sia le condizioni e l'ambiente di lavoro dovrebbero essere presi in considerazione dai supervisori e dai medici del lavoro nella gestione del lavoratore diabetico.

### 3. GENERALITA'

Per fabbisogno energetico umano (o fabbisogno calorico) si intende la quantità di calorie (apporto di energia di origine alimentare) che un essere umano dovrebbe assumere per svolgere le sue tipiche funzioni, siano esse fisse (attività cardiache, respiratorie, mantenimento del calore interno, ecc.) o variabili (attività muscolari, accrescimento, ecc.), compatibili con un buono stato di salute a lungo termine.

La produzione di energia metabolica, ovvero la potenza metabolica, è una misura dell'attività dell'organismo umano. L'energia metabolica deriva dalla conversione di energia chimica potenziale in energia meccanica e termica; poiché la maggior parte di quella prodotta viene convertita in energia termica (la frazione di energia meccanica è normalmente trascurabile, UNI EN ISO 8996-2005), in prima approssimazione l'energia termica metabolica può essere assunta uguale all'energia metabolica.

In generale, il dispendio energetico giornaliero totale è la risultante di tre componenti:

- 1) l'energia metabolica basale, ossia utilizzata da un individuo in condizione distesa e di riposo mentale e fisico;
- 2) la termogenesi indotta dall'attività fisica, ossia la spesa energetica per compiere qualsiasi attività fisica, sia nel lavoro sia nel tempo libero;
- 3) la termogenesi indotta dalla dieta, che rappresenta l'incremento del dispendio energetico in risposta all'assunzione di alimenti, e che può essere mediamente valutato nel 7÷15% del dispendio energetico totale.

Esistono in letteratura vari studi che propongono metodi, basati per lo più su formule empiriche, che cercano di approssimare il fabbisogno energetico. Tuttavia questi studi sono spesso contestati, in

quanto i dati concreti riguardanti il fabbisogno individuale non sono esattamente rilevabili, sia per quanto attiene al consumo energetico di base, che dipende da troppi fattori (connessi al metabolismo individuale) per essere misurato in modo sufficientemente affidabile, sia per il fabbisogno durante uno sforzo, dato che in una giornata si susseguono fasi di sforzi diversificate fra di loro e che ognuno utilizza il proprio organismo con una economia variabile.

L'unità di misura dell'energia utilizzata in campo biologico è la caloria (1 cal = 4,186 J), mentre il dispendio energetico, o metabolismo energetico, viene espresso come quantità di energia per unità di tempo (kcal/h, kJ/h, ecc.), ovvero, riferendosi all'unità di superficie corporea, in watt al metro quadrato (W/m<sup>2</sup>); oppure ancora, in accordo con gli approcci più recenti, in MET, cioè come multiplo del consumo energetico in condizioni di riposo (definito in base al consumo di ossigeno).

Tali unità di misura sono legate dalle relazioni: 1 kcal/h = 1,163 W e 1 MET = 58,2 W/m<sup>2</sup>.

#### 4. IL METABOLISMO BASALE

Il metabolismo basale, che rappresenta la somma dell'energia utilizzata per compiere i lavori interni necessari all'organismo, è funzione di vari fattori, fra cui la superficie corporea, l'età, la massa muscolare, il sesso, il clima, lo stato di nutrizione, ecc. In un individuo adulto sano e sedentario esso incide per circa il 65÷75% del dispendio energetico totale<sup>1</sup>, e può essere stimato, in base al peso corporeo, mediante equazioni specifiche per sesso e fasce di età (Tabella 1, Commission of the European Communities (1993), modificata).

**Tabella 1** – Metabolismo basale (MB) in funzione di sesso, età e peso corporeo P (kg).

Classe di età (anni)	MB (kcal/die)	MB (kcal/die)
	Maschi	Femmine
10÷17	17,7 P + 650	13,4 P + 693
18÷29	15,3 P + 679	14,7 P + 496
30÷59	11,6 P + 879	8,7 P + 829
60÷74	11,9 P + 700	9,2 P + 688
≥ 75	8,4 P + 819	9,8 P + 624

Così ad esempio, per un uomo di trenta anni, del peso di 70 kg e alto 1,75 m, si otterrà un consumo energetico giornaliero dovuto al metabolismo basale di 1.691 kcal.

#### 5. LA DETERMINAZIONE DEL METABOLISMO ENERGETICO

Il dispendio metabolico durante una determinata attività fisica (comprendente la specifica attività, la postura ed il movimento del corpo in relazione alla velocità di lavoro), che rappresenta mediamente il 15÷30% circa del dispendio totale giornaliero, può essere determinato in varie maniere, in via indiretta o diretta; a questo proposito, la norma UNI EN ISO 8996-2005 (che aggiorna e sostituisce la precedente norma UNI EN 28996-1996) indica una serie di metodi, raggruppati in quattro livelli, ciascuno caratterizzato da una facilità di applicazione inversamente proporzionale al grado di precisione ottenibile.

##### 5.1 Livello 1: *screening*

Si può iniziare con una stima rapida, benché grossolana, del metabolismo energetico medio relativo ad una data lavorazione, classificandola secondo il tipo di *occupazione* oppure secondo il tipo di *attività*.

Nel primo caso, si assimilano le occupazioni in esame a quelle descritte in una tabella allegata in appendice alla norma (prospetto A.1), ciascuna contraddistinta da un *range* di metabolismo energetico; nel secondo caso, le attività sono schematizzate in cinque classi, a ciascuna delle quali viene assegnato un intervallo di valori del metabolismo energetico (prospetto A.2): 1) *riposo*

<sup>1</sup> Costituito anche dalle termogenesi indotte dall'attività fisica e dalla dieta (capitolo 3).

(55÷70 W/m<sup>2</sup>); 2) *attività leggera* (70÷130 W/m<sup>2</sup>); 3) *attività moderata* (130÷200 W/m<sup>2</sup>); 4) *attività elevata* (200÷260 W/m<sup>2</sup>); 5) *attività molto elevata* (>260 W/m<sup>2</sup>).

Se si prende, ad esempio, la mansione di muratore, seguendo il criterio dell'*occupazione* ad essa viene assegnato un metabolismo energetico nel *range* 110÷175 W/m<sup>2</sup>, mentre con il criterio delle *attività* la stessa mansione sarà valutata come *attività moderata* e, conseguentemente, ricadrà nell'intervallo 130÷200 W/m<sup>2</sup> (valore medio = 165 W/m<sup>2</sup>).

### 5.2 Livello 2: osservazione

Il secondo livello prevede la caratterizzazione media del dispendio energetico in una determinata situazione lavorativa per due vie:

A – considerando l'apporto delle varie componenti (metabolismo basale, segmento corporeo coinvolto, carico di lavoro, posture, velocità di lavoro) con l'utilizzo di appositi prospetti;

B – facendo ricorso a tabelle riportanti i valori misurati associati a determinate attività (i valori tabellati includono, come al precedente livello, il metabolismo basale).

Anche in questo caso il livello di imprecisione, benché ridotto, è ancora significativo, in quanto risente di varie approssimazioni e della soggettività dell'osservatore.

Dopo aver esaminato e valutato le specifiche attività, è possibile passare alla stima del metabolismo energetico dell'intero ciclo di lavoro, operazione che tuttavia presuppone un'accurata analisi dei tempi e delle lavorazioni. Qui si entra in un campo irto di difficoltà ed approssimazioni perché, mentre i valori relativi alle specifiche attività risultano abbastanza ben definiti e valutabili, lo stesso non può dirsi per la determinazione complessiva di un ciclo di lavoro, peraltro in un settore che non risulta caratterizzato da lavorazioni standardizzabili ma che, al contrario, sconta l'estrema variabilità dei compiti, delle mansioni e delle adibizioni del singolo lavoratore impegnato in funzione delle varie fasi della realizzazione.

Inoltre, vari altri fattori intervengono nella variabilità del metabolismo, quali, a titolo esemplificativo, tecnica e velocità del lavoro, attrezzi utilizzati, suscettività individuale, allenamento alla specifica attività, condizioni climatiche, frequenza e durata di pause, ecc.

Per la valutazione del metabolismo energetico medio del ciclo di lavoro la formula proposta è:

$$M = 1/T \sum M_i \cdot t_i \quad [1]$$

in cui  $M$  è il metabolismo energetico del ciclo (W/m<sup>2</sup>),  $T$  indica il tempo del ciclo di lavoro,  $M_i$  rappresenta il metabolismo energetico specifico per l'attività  $i$  (W/m<sup>2</sup>) e  $t_i$  è il tempo dedicato all'attività  $i$ .

### 5.3 Livello 3: analisi

In base al terzo livello è possibile una misurazione analitica, benché indiretta, del metabolismo energetico registrando la frequenza cardiaca per un periodo di tempo significativo.

### 5.4 Livello 4: per esperti

Al livello 4 vengono proposti metodi che, attraverso misurazioni dirette molto specifiche (consumo orario di ossigeno, doppia marcatura dell'acqua, calorimetria diretta), consentono una puntuale determinazione del metabolismo energetico.

## 6. IL DISPENDIO ENERGETICO IN EDILIZIA

È difficile stimare con precisione il fabbisogno energetico del singolo individuo senza ricorrere a misure dirette del costo calorico delle varie attività fisiche, oltre che alla determinazione dell'esatto tempo di adibizione e dello specifico metabolismo basale. Esiste infatti una inevitabile variabilità inter-individuale, soprattutto in relazione ai differenti carichi muscolari richiesti dalle molteplici situazioni lavorative. Peraltro, trattando in questa sede il settore dell'edilizia, notoriamente

caratterizzato da estrema variabilità, anche nell'ambito delle singole mansioni, gli elementi di indeterminazione risultano oltremodo amplificati.

Tuttavia, in relazione ai fini indicati, si ritiene sufficiente, in prima approssimazione, procedere con una caratterizzazione delle mansioni più rappresentative del comparto, seguendo quanto riportato al livello 2 (*osservazione*)<sup>2</sup> dalla citata norma ISO e ipotizzando delle condizioni medie di operatività (che tuttavia, si ribadisce, non potranno rispecchiare sempre la molteplicità delle differenti situazioni operative presenti nelle reali condizioni di lavoro).

In tal senso, seguendo i criteri di cui al livello 2A (osservazione per componenti del consumo metabolico), è possibile procedere ad una prima stima quantitativa del dispendio energetico medio per alcune mansioni significative, come riportato nella Tabella 2.

**Tabella 2** – Metabolismo energetico in mansioni lavorative nel settore edile. Stima a partire dall'osservazione delle componenti (livello 2A).

Mansione	Metabolismo energetico (W/m <sup>2</sup> )	Incremento da postura (W/m <sup>2</sup> )	Totale (W/m <sup>2</sup> )
PALISTA – ESCAVATORISTA	130	0	<b>130</b>
OPERATORE AUTOGRU <sup>7</sup>	130	15	<b>145</b>
CARPENTIERE	215	15	<b>230</b>
MURATORE	225	15	<b>240</b>
PAVIMENTISTA – PIASTRELISTA	250	10	<b>260</b>
MANOVALE – AIUTANTE GENERICO	245	15	<b>260</b>
PONTEGGISTA	260	15	<b>275</b>

Naturalmente, nell'attribuzione dei valori relativi al tipo di attività si sconta un'ampia discrezionalità di scelta nell'ambito degli intervalli proposti in funzione del segmento corporeo utilizzato (corpo, un braccio, due braccia, ecc.) e del carico di lavoro eseguito (leggero, medio, pesante).

L'altro criterio di cui al livello 2B (osservazione per attività specifiche), pur mantenendosi in un ambito di approssimazione ancora significativa, consente comunque un più approfondito grado di valutazione. Operare secondo tale metodo richiede infatti la conoscenza delle singole attività, i valori di metabolismo energetico associabili e i tempi di adibizione, fattori che, come già accennato, non solo non sono sempre noti, ma risultano anche molto variabili.

Si riporta in Tabella 3 una esemplificazione eseguita per una mansione tipica dell'edilizia, quella di muratore, ricostruita utilizzando le tipologie di attività e i relativi dati disponibili nella norma ISO (prospetto B.3) e stimando i tempi di adibizione nell'arco della giornata lavorativa.

**Tabella 3** – Metabolismo energetico nello svolgimento della mansione di muratore. Stima a partire dall'osservazione delle specifiche attività (livello 2B).

<b>MURATORE</b>				
Descrizione	Attività	Metabolismo energetico specifico per attività, $M_i$ (W/m <sup>2</sup> )	Durata attività, $t_i$ (min)	Totale per attività, $M_i \cdot t_i$
Il muratore prende parte a quasi tutto il processo	Spingere una carriola carica	230	40	9.200

<sup>2</sup> I valori riportati nella norma per le attività tipo del livello 2 sono comprensivi del metabolismo basale.

costruttivo, con attività alquanto varie e distribuite nelle varie fasi lavorative. Attività maggiormente rappresentative della mansione sono la realizzazione di murature (posa in opera di mattoni assemblati con malta), l'allestimento e smontaggio dei ponteggi metallici utili alla costruzione della muratura, l'assistenza muraria agli impiantisti.	Camminare in piano con carico di 10 kg	185	80	14.800
	Salire scale con carico di 20 kg	360	50	18.000
	Lavoro di carpenteria (segare a mano)	220	60	13.200
	Posa in opera dei mattoni (5 mattoni/min)	170	140	23.800
	Lavoro con utensile a mano	230	80	18.400
	Attività leggera in piedi	115	30	3.450
TOTALE			480	100.850
Metabolismo energetico del ciclo lavorativo (applicazione della formula [1])			<b>210 W/m<sup>2</sup></b>	

Le attività riportate sono in numero abbastanza limitato e costituiscono solo un esempio di giornata lavorativa; in altri casi converrà fare riferimento ad altre attività, i cui dati metabolici potranno essere reperiti in letteratura. Così per la mansione già esaminata, utilizzando lo stesso metodo, è possibile ottenere quanto riportato in Tabella 4.

**Tabella 4** – Metabolismo energetico nello svolgimento della mansione di muratore. Stima a partire dall'osservazione delle specifiche attività (valori tratti da T. S. Abdelhamid & J. G. Everett (2002), modificati).

<b>MURATORE</b>				
Descrizione	Attività	Metabolismo energetico specifico per attività, $M_i$ (W/m <sup>2</sup> )	Durata attività, $t_i$ (min)	Totale per attività, $M_i \cdot t_i$
Il muratore prende parte a quasi tutto il processo costruttivo, con attività alquanto varie e distribuite nelle varie fasi lavorative. Attività maggiormente rappresentative della mansione sono la realizzazione di murature (posa in opera di mattoni assemblati con malta), l'allestimento e smontaggio dei ponteggi metallici utili alla costruzione della muratura, l'assistenza muraria agli impiantisti.	Posa in opera di blocchi (su ponteggio)	239	130	31.070
	Spianamento calcestruzzo per realizzazione massetto	418	80	33.440
	Montaggio architrave prefabbricato	223	75	16.725
	Ripulitura di un'area dalla sabbia	263	30	7.890
	Trasporto mattoni e blocchi con elevatore	169	75	12.675
	Attesa calcestruzzo, assistenza alla gettata con pala	253	90	22.770
TOTALE			480	124.570
Metabolismo energetico del ciclo lavorativo (applicazione della formula [1])			<b>260 W/m<sup>2</sup></b>	

Come si può notare, i valori possono cambiare anche sensibilmente in funzione delle metodologie utilizzate e dei parametri scelti per il calcolo. Quindi, per la mansione di muratore presa in esame, si può stimare il metabolismo energetico lavorativo in 240 W/m<sup>2</sup> (livello 2A), ovvero in 210 o 260 W/m<sup>2</sup> (livello 2B). Si precisa che questi ultimi non sono gli estremi di un intervallo di variabilità, che comunque potrà essere più o meno ampio, ma valori variabili in funzione delle specifiche attività considerate.

Determinato il valore del metabolismo energetico professionale, è possibile procedere ad una successiva fase con la stima del fabbisogno energetico globale, ossia del metabolismo energetico giornaliero, considerando gli apporti specifici dei vari fattori. Sempre esemplificando il criterio con la mansione di muratore, e ricorrendo anche all'utilizzo di alcuni dati medi di letteratura (SINU, modificati), si avrà quanto riportato in Tabella 5.

**Tabella 5** – Stima del dispendio energetico giornaliero per la mansione di muratore (uomo di 70 kg).

<b>MURATORE</b>				
Tipo di attività	Metabolismo energetico specifico per attività (W/m <sup>2</sup> )	Durata attività (ore)	Totale energia*	
			(kJ)	(kcal)
<b>ATTIVITÀ DISCREZIONALI</b>				
- attività sociali, camminate, frequentazione luoghi pubblici	103,5	2	1.341	
- tv, radio, lettura, riposo	49,5	2	642	
- pasti, igiene personale	67,5	1	437	
- altro	67,5	3	1.312	
<b>TOTALE ATTIVITÀ DISCREZIONALI</b>		8	3.732	892
<b>ATTIVITÀ PROFESSIONALI (Tabella 2)</b>	240	8	12.442	2.972
<b>RIPOSO NOTTURNO (solo metabolismo basale)</b>	45,5	8	2.359	563
<b>DISPENDIO ENERGETICO GIORNALIERO</b>		24	<b>18.533</b>	<b>4.427</b>
* (superficie individuo maschio = 1,8 m <sup>2</sup> )				

Reiterando tale procedimento con le altre mansioni di Tabella 2, è possibile calcolare dei valori di dispendio energetico giornaliero medio per le varie figure professionali, valori che saranno più o meno attendibili in relazione alla rispondenza delle attività utilizzate nel calcolo con quelle reali (Tabella 6).

**Tabella 6** – Stima del dispendio energetico giornaliero per varie mansioni (uomo di 70 kg).

	Energia attività discrezion ali (kcal)	Energia attività profession ali (kcal)	Energia riposo notturno (kcal)	Dispendio energetico giornaliero (kcal)
PALISTA – ESCAVATORISTA	892	1.610	563	<b>3.065</b>
OPERATORE AUTOGRU'	892	1.795	563	<b>3.250</b>
CARPENTIERE	892	2.848	563	<b>4.303</b>
MURATORE	892	2.972	563	<b>4.427</b>
PAVIMENTISTA – PIASTRELISTA	892	3.219	563	<b>4.674</b>
MANOVALE – AIUTANTE GENERICO	892	3.219	563	<b>4.674</b>
PONTEGGISTA	892	3.405	563	<b>4.860</b>

## 7. CONCLUSIONI

Utilizzando metodi di calcolo indiretti si sono potute realizzare delle stime del dispendio energetico giornaliero totale per alcune delle principali mansioni del settore edile, finalizzando tali valutazioni all'implementazione di uno strumento di supporto utile al sanitario nel trattamento del diabete nei lavoratori. Conoscere il fabbisogno calorico personale consente, infatti, di valutare meglio gli effetti dell'attività fisica sul lavoratore che la svolge e di prevedere quindi le reazioni dell'organismo, modulando opportunamente la somministrazione di insulina e di alimenti.

Dette stime di massima, utili per un primo orientamento, possono certamente affinarsi con la puntuale osservazione di specifici casi reali, ma possono anche avere un grado di precisione molto più elevato con il passaggio a metodi di calcolo diretto.

Ciò che si pensa di poter realizzare in un prossimo futuro, a sviluppo del presente lavoro, è l'esecuzione di specifiche misure sul campo a mezzo di appositi monitor multi-sensore personali che, indossati dal lavoratore durante la giornata, effettuino rilevazioni in continuo di parametri fisiologici e dinamici indispensabili alla determinazione del dispendio metabolico di base e nelle varie attività, lavorative e non.

La misura strumentale del consumo metabolico in lavoratori diabetici potrà consentire al diabetologo ed al medico competente una migliore calibrazione ed un'adeguata verifica dell'efficacia dei protocolli sanitari adottati.

## BIBLIOGRAFIA

**T. S. Abdelhamid, J. G. Everett:** Physical demands of construction work: A source of workflow unreliability. Proceedings of the 10th Annual Conference for Lean Construction, 6-8 August 2002, Gramado, Brazil.

**T. Carter:** Fitness standards for the transport industries. Journal of Royal Society of Medicine, 2001 October; 94(10): 534-535.

**Commission of the European Communities:** Nutrient and energy intakes for the European Community. Reports of the Scientific Committee for Food, Thirty-first series, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 1993.

**R. L. Kennedy, J. Henry, A. J. Chapman, R. Nayar, P. Grant, A. Morris:** Accidents in patients with insulin-treated diabetes: increased risk of low-impact falls but not motor vehicle crashes - A prospective register-based study. *The Journal of Trauma Injury, Infection and Critical Care*, 2002, 52(4): 660–666.

**C. Laberge-Nadeau, G. Dionne, J. M. Ékoé, P. Hamet, D. Desjardins, S. Messier, U. Maag:** Impact of diabetes on crash risks of truck-permit holders and commercial drivers. *Diabetes Care*, 2000 May, 23(5): 612–617.

**SINU – Società Italiana di Nutrizione Umana:** <http://www.sinu.it/larn/energia.asp>

**UNI EN ISO 8996-2005:** Ergonomia dell'ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico. UNI – Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano.

**I. Weijman, W. J. G. Ros, G. E. H. M. Rutten, W. B. Schaufeli, M. J. Schabracq, J. A. M. Winnubst:** Fatigue in employees with diabetes: its relation with work characteristics and diabetes related burden. *Occupational and Environmental Medicine*, 2003 June, 60 (Suppl I): i93-i98.

# **INTERVENTI DI SOSTEGNO ALLE IMPRESE: DAI PROGRAMMI DI ADEGUAMENTO AI PROGETTI DI INVESTIMENTO SULLA SICUREZZA IN AZIENDA, ALLA LUCE DELLA VERIFICA SUI PROGRAMMI FINANZIATI NEL 2002 IN TOSCANA**

C. BRESCHI, S. D'AGLIANO, L. GAMBACCIANI, D. GILIONI, M. MAMELI, D. MARZANO, E. MASTROMINICO, E. NUCARO, F. PINI, S. TRAMUTO, L. VALORI.

INAIL – Direzione Regionale Toscana – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

## **RIASSUNTO**

In ottemperanza al Capo V del D.Lgs. 38/2000 l'INAIL ha concesso alle piccole e medie imprese sostegni economici per l'adeguamento alle norme di salute e sicurezza, emanando in via sperimentale tre bandi nel 2002, 2004 e 2006.

Il D.Lgs. 81/2008 istituzionalizza questi incentivi, prevedendo tra l'altro il finanziamento di progetti di investimento in salute e sicurezza sul lavoro, con meccanismi semplici e accessibili.

Negli anni 2006-2008 sono state effettuate le verifiche sugli interventi realizzati con i finanziamenti del Bando INAIL 2002, così come previsto dall'art. 18 del Regolamento di attuazione del citato Decreto. In Toscana, delle 613 domande ammesse, 419 sono state oggetto di verifica tecnica da parte della CONTARP con sopralluoghi nei siti aziendali.

Partendo da un'analisi statistica dei dati, il lavoro descrive i punti di forza e di debolezza evidenziati nei sopralluoghi. Ciò anche al fine di individuare soluzioni migliorative tali da rendere fruibili questi finanziamenti anche alle micro imprese, così come previsto dal T.U. sulla sicurezza.

## **SUMMARY**

In accordance to the Head V of the D.Lgs. 23/2000, INAIL granted economic aids to small and middle enterprises in order to conform with the health and safety regulations. Three announcements had been issued in the years 2002, 2004 and 2006.

D.Lgs. 81/2008 establishes these grants; therefore projects, aimed at improving the health and safety conditions at work, can be fund by using simple and accessible tools.

Technical checks of the projects financed after the INAIL 2002 announcement have been carried out by CONTAP in the years 2006-2008, according to the art. 18 of D.Lgs. 23/2000. In Tuscany 419 projects, out of 613 admitted applications, were verified by CONTARP with checks and working site surveys.

Starting from a data analysis, the work describes the strength and weakness points highlighted by checkings. The aim is also to provide useful suggestions in order to make these funding more accessible to the micro enterprises, as expected by D.Lgs. 81/2008.

## **1. PREMESSA**

L'INAIL, consapevole del ruolo strategico della prevenzione in materia di salute e sicurezza sul luogo di lavoro ha progettato e realizzato, in attuazione del Capo V del D.Lgs. 38/2000, un sistema sperimentale per promuovere la sicurezza nelle aziende con forme di finanziamento che tendono, da un lato, a sostenere l'innovazione organizzativa e tecnologica dei processi produttivi, dall'altro, a diffondere la cultura della prevenzione attraverso iniziative di informazione e formazione nei confronti dei soggetti coinvolti nel sistema di gestione della sicurezza. Con il D.Lgs. 81/2008, in una logica di incentivazione e promozione della prevenzione che vada oltre il mero adeguamento normativo, questi incentivi vengono istituzionalizzati, prevedendo tra l'altro il finanziamento, con meccanismi semplici e accessibili, di progetti di investimento in salute e sicurezza sul lavoro, volti a sperimentare soluzioni innovative e strumenti di natura organizzativa e gestionale.

Gli incentivi di sostegno alle imprese (di seguito ISI) a fini prevenzionali di cui all'art. 23 lettera a) D.Lgs. 38/2000 prevedevano il finanziamento, sia in conto interessi sia in conto capitale, dei programmi di adeguamento alle normative vigenti in materia di sicurezza e di igiene del lavoro delle piccole e medie imprese (PMI) e dei settori agricolo ed artigianale, secondo cinque diversi assi di finanziamento:

- **Asse 1:** eliminazione di macchine prive di marcatura CE<sup>1</sup> e loro sostituzione con macchine marcate CE, comprese le macchine per il sollevamento e la movimentazione dei carichi e quelle escluse dal campo di applicazione del D.Lgs. 459/96, articolo 1, comma 5, lettera n);
- **Asse 2:** acquisto, installazione, ristrutturazione e/o modifica di impianti, apparecchi e dispositivi per:
  - l'incremento del livello di sicurezza contro gli infortuni;
  - la riduzione dell'esposizione dei lavoratori ad agenti chimici, fisici e biologici;
  - l'eliminazione o riduzione dell'impiego di sostanze pericolose dal ciclo produttivo;
- **Asse 3:** installazione di dispositivi di monitoraggio dello stato dell'ambiente di lavoro al fine di controllare l'esposizione dei lavoratori ad agenti chimici, fisici e biologici;
- **Asse 4:** ristrutturazione e/o modifica strutturale degli ambienti di lavoro;
- **Asse 5:** implementazione di sistemi di gestione aziendale della sicurezza (di seguito SGSL) secondo parametri conformi alla normativa internazionale.

Nell'ambito delle verifiche tecniche previste dall'art. 18 del Regolamento di attuazione del D.Lgs. 38/2000, la CONTARP Toscana, secondo le modalità indicate dalla D.C. Prevenzione e dalla Contarp Centrale, ha sottoposto a verifica 419 ditte, di cui 62 avevano chiesto ed ottenuto, oltre al finanziamento in conto interessi, anche il finanziamento in conto capitale. Considerato che ogni azienda poteva far richiesta di finanziamento su più assi, gli interventi complessivamente verificati sono stati 595.

In Figura 1 le aziende del campione sono state ripartite per numero di assi richiesti.

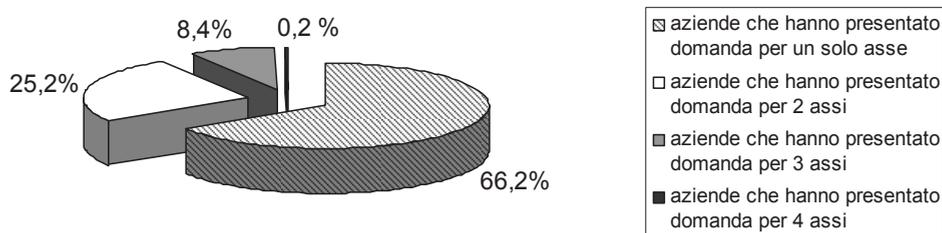


Figura 1: Aziende del campione ripartite per numero di assi richiesti.

## 2. ANALISI DEGLI INTERVENTI SOTTOPOSTI A VERIFICA TECNICA

In Figura 2 è riportata la distribuzione, per tipo di Gestione, delle aziende sottoposte a verifica, mentre in Figura 3 è riportata la loro distribuzione geografica.

Gli interventi sottoposti a verifica sono stati analizzati per asse di finanziamento e per Grande Gruppo di Tariffa (GG). Le aziende agricole prive di posizione assicurativa sono state inserite per analogia di attività nel GG 1. I risultati dell'analisi sono illustrati in Figura 4.

<sup>1</sup> Secondo quanto previsto dal D.Lgs 459/96 vigente alla data di redazione del Bando.

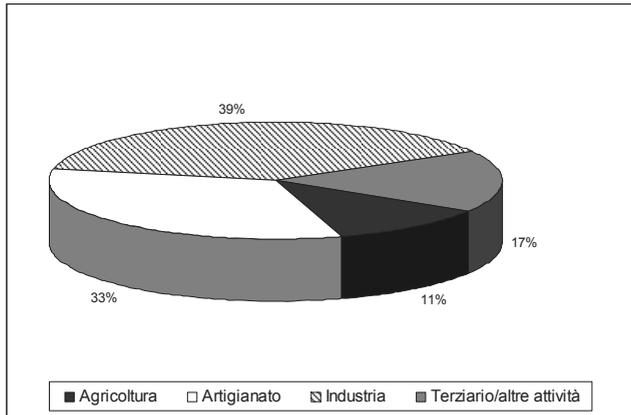


Figura 2: Distribuzione delle aziende ispezionate per tipo di Gestione.

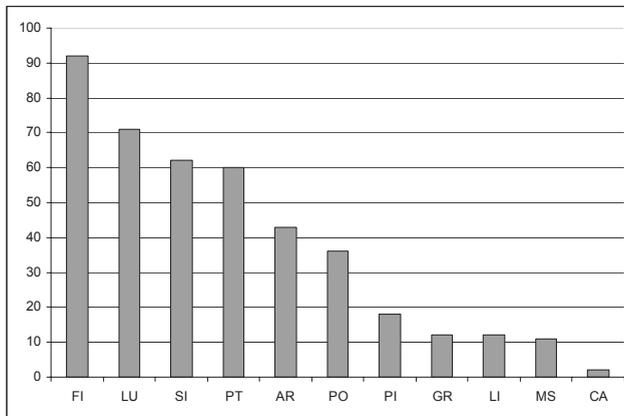
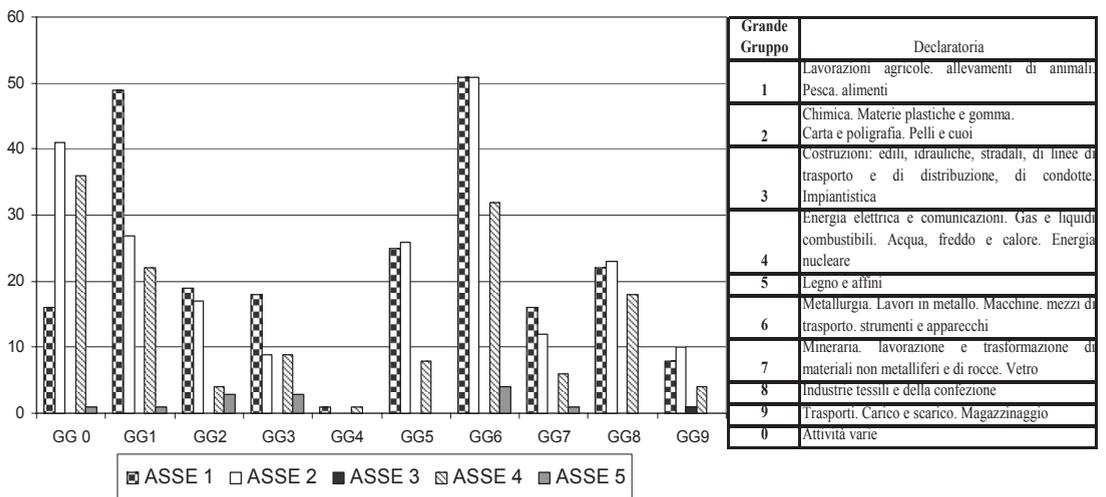


Figura 3: Distribuzione geografica delle aziende ispezionate.



Grande Gruppo	Declaratoria
1	Lavorazioni agricole. allevamenti di animali. Pesca. alimenti
2	Chimica. Materie plastiche e gomma. Carta e poligrafia. Pelli e cuoi
3	Costruzioni: edili, idrauliche, stradali, di linee di trasporto e di distribuzione, di condotte. Impiantistica
4	Energia elettrica e comunicazioni. Gas e liquidi combustibili. Acqua, freddo e calore. Energia nucleare
5	Legno e affini
6	Metallurgia. Lavori in metallo. Macchine. mezzi di trasporto. strumenti e apparecchi
7	Mineraria. lavorazione e trasformazione di materiali non metalliferi e di rocce. Vetro
8	Industrie tessili e della confezione
9	Trasporti. Carico e scarico. Magazzinaggio
0	Attività varie

Figura 4: Quadro riassuntivo degli interventi verificati per asse e per Grande Gruppo di Tariffa.

Il maggior numero di domande verificate riguardava interventi richiesti in asse 1: sono stati complessivamente 225 gli interventi verificati in quest'asse, pari al 37,8% delle verifiche tecniche.

Al secondo posto troviamo le verifiche sugli interventi richiesti in asse 2: sono stati complessivamente 216 gli interventi verificati in quest'asse, pari al 36% del totale.

Una parte ancora consistente di domande (23,5%) ha riguardato l'asse 4, mentre 13 progetti erano relativi all'asse 5, ovvero all'implementazione di sistemi di gestione della sicurezza e salute nei luoghi di lavoro. Un solo progetto rientrava nell'asse 3.

Tale distribuzione fra i diversi assi di finanziamento in Toscana rispecchia la situazione a livello nazionale e ciò è anche facilmente spiegabile se si pensa che interventi come quelli previsti dagli assi 3 e 5 risultano di complessa realizzazione per le PMI e soprattutto presentano vantaggi misurabili sul lungo periodo, mentre gli interventi previsti in asse 1 e 2, così come quelli richiesti in asse 4, oltre a presentare vantaggi immediatamente visibili e valutabili, appaiono strettamente legati al processo produttivo e quindi sposano il miglioramento delle condizioni di sicurezza sul lavoro con un complessivo miglioramento anche della produttività.

Il GG più rappresentato è il numero 6 (23% del totale dei programmi verificati). Meritevole di segnalazione appare l'interesse delle aziende del settore agricolo, con il 16,6% degli interventi verificati, le cui richieste hanno riguardato nel 49,5% dei casi l'asse 1 e nel 27% dei casi l'asse 2.

Analizzando nello specifico gli interventi verificati afferenti ai singoli assi di finanziamento, le richieste in asse 1 sono state presentate in maggior numero da aziende appartenenti ai GG 1, 5 e 6. Si evidenzia che la sostituzione di carrelli elevatori non marcati CE è risultata trasversale a tutte le attività produttive. Oltre a questa tipologia di macchine, gli interventi delle aziende del GG1 hanno riguardato, se agricole, la sostituzione di vecchi trattori e di altre macchine per la lavorazione del terreno o per lavorazioni alimentari; le aziende del GG1 non agricole hanno invece richiesto solo macchinari per lavorazioni alimentari; nel GG5 le macchine più richieste sono state quelle tipiche della seconda lavorazione del legno e solo in due casi macchine per la prima lavorazione; nel GG6 sono state acquistate macchine per la lavorazione dei metalli, quali torni, presse, cesoie, segatrici, trapani e centri di lavoro, oltre a cabine di verniciatura.

Tra le tipologie dei progetti proposti in asse 2, come mostrato in Figura 5, risultano rilevanti gli interventi finalizzati alla messa a norma di impianti elettrici, ovvero interventi di adeguamento che la normativa vigente poneva come obbligatori già a partire dagli anni '90.

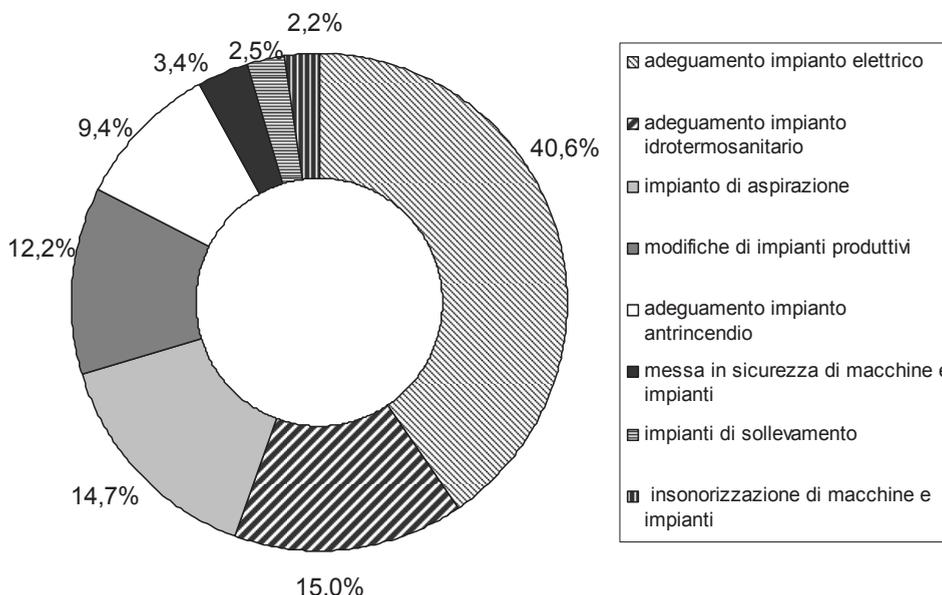


Figura 5: Tipologia di interventi realizzati in asse 2.

La Figura 6 mostra gli interventi realizzati in asse 4. Si tratta, nella maggior parte dei casi, di ristrutturazione degli ambienti di lavoro o di interventi per il miglioramento delle condizioni igieniche e nel 21% dei casi i progetti proposti consistono nella bonifica delle strutture edili attraverso la rimozione o l'incapsulamento dei materiali contenenti amianto, la cui effettuazione ha comportato la drastica riduzione o l'eliminazione completa di un potenziale rischio cancerogeno.

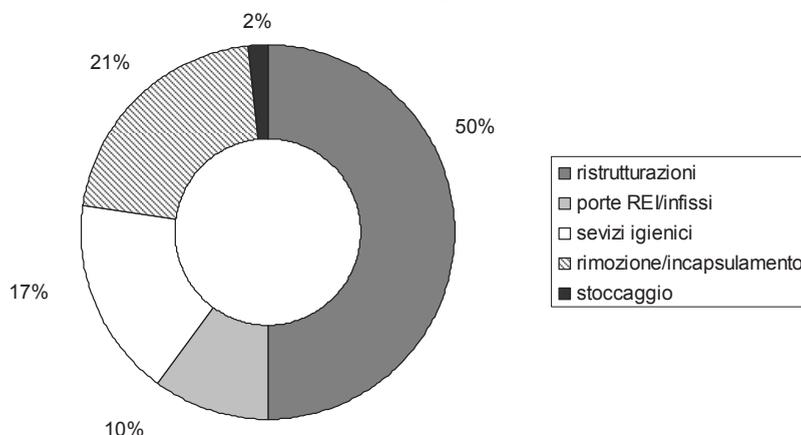


Figura 6: Tipologia di interventi realizzati in Asse 4.

L'unico intervento realizzato in Asse 3 consisteva nell'acquisto di un sistema di monitoraggio della radioattività in una ditta di smaltimento rifiuti.

Infine, in relazione agli interventi verificati in asse 5, va sottolineato che solo in 4 dei 13 casi oggetto di sopralluogo l'azienda aveva effettivamente implementato un SGSL, scegliendo in due casi come riferimento operativo le linee guida UNI-INAIL e negli altri 2 casi arrivando all'implementazione di sistemi certificati secondo la norma OHSAS 18001.

### 3. PUNTI DI FORZA E DI DEBOLEZZA

L'analisi seguente pone l'accento sulle caratteristiche di spiccata valenza ai fini prevenzionistici di alcuni programmi, ma anche sulle difficoltà riferite dalle aziende in relazione alla complessità delle procedure, spesso all'origine di difformità tra quanto richiesto e quanto effettivamente realizzato.

Le principali problematiche riscontrate dalla Consulenza durante le verifiche tecniche derivano dal dover valutare la realizzazione di un intervento ad alcuni anni di distanza dalla sua effettuazione. In particolare si segnala che molto spesso non è stata conservata traccia delle macchine acquistate (e poi rivendute) o degli impianti modificati. Alcune aziende inoltre sono nel frattempo cessate.

Per quanto riguarda i punti di debolezza generali evidenziati dalle aziende in fase di sopralluogo si ritrovano:

- Complessità della procedura già a partire dalla compilazione della domanda, ridondante in molte sue sezioni e in cui non c'era possibilità di allegare documentazione; ciò ha comportato la difficoltà aggiuntiva di dover tradurre in parole quello che uno schema, un progetto, un elaborato grafico avrebbero meglio e più compiutamente descritto.
- Conseguente affidamento a professionisti esterni all'azienda della redazione della domanda con il rischio di difformità tra quanto l'azienda avrebbe voluto realizzare e quanto descritto nel documento.
- Errata convinzione da parte delle aziende che i programmi approvati e finanziati potessero essere modificati (anche in modo rilevante) in corso d'opera a patto che venissero mantenute le finalità prevenzionali di fondo.
- Tempi troppo lunghi tra la presentazione della domanda e l'erogazione del finanziamento, che talvolta hanno comportato spese aggiuntive.

Di seguito sono esaminati, distinti per asse, i punti di forza e di debolezza rilevati.

**Asse 1:** L'eliminazione da ogni ciclo produttivo di macchine "obsolete" e la loro sostituzione con altre rispondenti ai requisiti di sicurezza previsti dalla normativa vigente rappresenta senz'altro un elemento migliorativo delle condizioni di lavoro ed è uno dei principali elementi di forza segnalato dai titolari. Tuttavia, i datori di lavoro non hanno ben compreso l'importanza attribuita dall'INAIL all'eliminazione dal ciclo produttivo delle macchine non marcate CE, che aveva lo scopo di evitare che macchine non provviste degli adeguati meccanismi di protezione potessero essere reintrodotte tal quali all'interno di altre aziende.

In alcuni casi, infatti, le macchine non marcate CE, se conformi alla normativa vigente prima dell'entrata in vigore della Direttiva macchine, sono state invece rivendute o al fornitore del nuovo macchinario che in alcuni casi le ha reimmesse sul mercato o ad altre aziende nazionali o estere.

Si sono anche riscontrati casi in cui le macchine acquistate non erano marcate CE ma, contrariamente a quanto previsto dal Bando ISI, conformi alla normativa previgente.

**Asse 2:** Il finanziamento della messa a norma degli impianti elettrici o antincendio, prevista dalla normativa vigente ancor prima dell'entrata in vigore del D.Lgs. 626/94, rappresenta un contributo importante per aiutare dal punto di vista economico le piccole imprese ad affrontare finalmente problematiche che in molti casi risultano essere state anche oggetto di prescrizioni da parte degli organi di vigilanza. Lo stesso discorso vale per le modifiche apportate per la messa in sicurezza di macchine che non rispondevano nemmeno ai requisiti del DPR 547/55.

Tuttavia, talvolta, pur essendo stati gli interventi realizzati due o tre anni prima dell'avvenuta verifica, non erano immediatamente reperibili in azienda attestazioni che consentissero di verificare l'avvenuta realizzazione delle modifiche agli impianti o alle macchine secondo la regola d'arte (certificati di conformità per gli impianti elettrici e termoidraulici, verifiche degli impianti di terra, Certificati Prevenzione Incendi per gli impianti antincendio, certificati di conformità delle macchine modificate, ecc.).

**Asse 4:** Per quanto riguarda i vantaggi per le aziende a seguito degli interventi realizzati in questo asse valgono le considerazioni già espresse per gli assi 1 e 2. Tuttavia, va sottolineato che la maggior parte degli interventi appare di modesto contenuto tecnico, in quanto non hanno inciso sulla modifica del lay-out aziendale ma hanno riguardato prevalentemente la ristrutturazione delle aree destinate alle attività amministrative.

Ciò nonostante, va sottolineato che, grazie agli incentivi INAIL, molte aziende hanno potuto procedere alla realizzazione di interventi che altrimenti non avrebbero intrapreso, quali ad esempio la rimozione o la messa in sicurezza mediante incapsulamento delle coperture in cemento amianto.

**Asse 5:** Le aziende, pur avendo compilato correttamente la richiesta di finanziamento, nella realizzazione del sistema hanno in realtà confuso l'implementazione del SGSL con la costituzione del Servizio Protezione e Prevenzione e la relativa formazione del responsabile e degli addetti, la redazione del manuale SGSL con la redazione del documento di valutazione dei rischi o in qualche caso con il manuale del sistema di qualità (ISO 9000). Tutto ciò si è verificato nonostante l'intero progetto fosse stato seguito da consulenti esterni. I risultati delle verifiche tecniche, dunque, hanno messo in evidenza ancora una volta che soprattutto per le imprese di piccole dimensioni vale ancora la lettura fuorviante data al problema della sicurezza come puro adempimento degli obblighi di legge e non rientra ancora fra gli obiettivi strategici dell'impresa la necessità di dotarsi di un idoneo sistema organizzativo e di gestione che privilegi la tutela della salute e sicurezza sul lavoro. Ciò è confermato anche dal bassissimo interesse da parte delle aziende per questo asse di finanziamento (13 richieste avanzate su un totale di 595 progetti verificati).

Tra gli interventi verificati che sono stati finanziati anche in conto capitale (pari a circa 15% del totale), e quindi giudicati di particolare valenza tecnica ai fini prevenzionistici, si segnalano soprattutto programmi afferenti all'asse 4, che hanno riguardato quindi ristrutturazione dei locali con una efficace riorganizzazione del lay-out aziendale ed effettivi miglioramenti delle condizioni

di salute e sicurezza dei lavoratori, ma anche realizzazione di locali mensa e di spogliatoi accoglienti e ben attrezzati e bonifiche delle coperture in cemento amianto. Le aziende che hanno beneficiato di questi finanziamenti sono distribuite su tutti i GG, ma significativa è la presenza di aziende del GG0, in particolare di ricerca scientifica, centri di formazione e studi di consulenza aziendali. Si evidenziano poi alcuni programmi relativi all'asse 2, che hanno riguardato particolari interventi su impianti anche non di processo, progetti di automazione di macchine e impianti ed insonorizzazione di interi reparti; le aziende che hanno realizzato questi interventi afferiscono soprattutto al settore di lavorazione dei metalli (dalle fonderie alla lavorazione dei metalli preziosi) e al settore di seconda lavorazione del legno. Una delle quattro aziende che hanno effettivamente realizzato un SGSL ha chiesto e ottenuto il finanziamento in conto capitale; anche in questo caso si tratta di un'azienda operante nel settore della metallurgia, che ha realizzato un SGSL secondo le norme OHSAS 18001 certificato da un organismo accreditato Sincert.

#### **4. CONSIDERAZIONI E PROPOSTE**

Dalla valutazione complessiva del campione di progetti di finanziamento verificato, risulta che i programmi di adeguamento proposti consistono principalmente in interventi di sostituzione di macchine obsolete o non rispondenti alla norma e in interventi di adeguamento di impianti e strutture alla normativa vigente. Le motivazioni delle richieste espresse dai datori di lavoro nelle domande di finanziamento riguardavano in particolar modo la necessità di ridurre gli infortuni sul lavoro o l'esposizione ad alcuni agenti fisici (rumore). Minore interesse è stato dimostrato invece vero la risoluzione di altre problematiche di carattere igienico-ambientale, come miglioramento delle condizioni di esposizione ad agenti di rischio chimico o biologico.

La maggior parte dei progetti di finanziamento analizzati propone soluzioni poco innovative dal punto di vista tecnologico, limitate a miglioramenti nell'organizzazione di alcune postazioni di lavoro. Infine, le soluzioni indicate sono finalizzate alla risoluzione di problematiche molto specifiche della singola azienda e, pertanto, nella maggior parte dei casi non si possono segnalare interventi esportabili ad altri ambiti lavorativi.

Tuttavia, il numero di programmi approvati ed i positivi riscontri da parte dei datori di lavoro, fanno ritenere l'iniziativa intrapresa un buon punto di partenza, che ha permesso a molte aziende di iniziare un processo di progressivo miglioramento delle condizioni di salute e sicurezza dei propri lavoratori grazie ai finanziamenti INAIL. L'iniziativa dell'Istituto, che ha in un certo qual modo percorso i tempi, ha favorito infatti per molti un adeguamento alle norme vigenti in materia, ma ha anche promosso e finanziato in alcuni casi interventi di particolare valenza ai fini prevenzionistici che vanno verso la diffusione di una cultura della sicurezza intesa non più solo come un costo ma come un investimento. L'istituzionalizzazione, con il D.Lgs. 81/2008, di questi finanziamenti che vanno oltre i programmi di adeguamento, essendo concepiti come veri e propri progetti di investimento, conferma la bontà dell'iniziativa intrapresa. Occorrerà pertanto, sulla scorta dell'esperienza acquisita sul campo, mettere in atto tutte le soluzioni possibili per ovviare alle problematiche quali ad esempio quelle sin qui evidenziate, al fine di rendere accessibile anche alle piccole e piccolissime imprese la richiesta dei finanziamenti e migliorarne la gestione. Una maggiore accessibilità potrebbe essere garantita dalla semplificazione della modulistica, dalla possibilità di allegare documentazione alla domanda iniziale, dalla disponibilità di un maggior numero di informazioni tecniche on-line (FAQ). Dal punto di vista gestionale, sia per le aziende che per l'Istituto, sarebbe auspicabile prevedere, in contemporanea alla rendicontazione contabile, anche la presentazione della documentazione tecnica attestante l'avvenuta realizzazione degli interventi finanziati, quali per esempio i certificati di conformità degli impianti, i C.P.I., le dichiarazioni di conformità CE delle macchine e idonee attestazioni dell'avvenuta eliminazione da qualsiasi ciclo produttivo delle macchine sostituite.