

Sezione 3

Monografie

3.1. LA MISURA DELLA SCIVOLOSITÀ DELLE PAVIMENTAZIONI E RISCHIO DI CADUTA SUI LUOGHI DI LAVORO: RISULTATI DEL PROGETTO MISP

R. d'Angelo^{*}, E. Russo^{*}, E. Attaianesi^{**}, G. Duca^{**}, G. Bufalo^{***}

RIASSUNTO

In questo lavoro vengono illustrati gli obiettivi e i primi risultati del progetto di ricerca MiSP, Misura della Scivolosità delle Pavimentazioni e rischio di caduta sui luoghi di lavoro, co-finanziato dall'Inail - Direzione Regionale per la Campania e dall'Università degli Studi di Napoli – DiArch ex Dipartimento di Configurazione e Attuazione dell'Architettura - volto a sopperire la carenza di metodologie e raccomandazioni predisposte per la valutazione del rischio di caduta in piano. Il progetto intende costruire e proporre un modello di valutazione di tale rischio, con la predisposizione di una banca dati consultabile gratuitamente on line in grado di fornire valori di riferimento utili a chi non disponga di strumentazioni di prova a norma. A questo scopo sono state redatte, inoltre, delle linee guida per la valutazione non strumentale del rischio da scivolamento sulla pavimentazione, utili a facilitarne e uniformarne i metodi di valutazione.

SUMMARY

The paper presents the research project purposes regarding the measure of the floor slipperiness and risk of falling, in the workplaces. The project aims to build a database for the risk of falling in the workplace. The database will provide, for free, on-line information useful to all those companies that do not have test equipment. They will also be drawn up guidelines for the non-instrumental evaluation of the risk of slipping on the floor.

INTRODUZIONE

Gli scivolamenti e le cadute nei luoghi di lavoro rappresentano la causa del maggior numero di infortuni in tutti i settori lavorativi, compreso il lavoro d'ufficio, e sono i motivi principali delle assenze dal lavoro superiori ai tre giorni, con particolare riferimento alle piccole e medie imprese dove il rischio di infortuni dovuti a cadute per scivolosità delle pavimentazioni è più elevato, così come riportato nello studio pilota 2000 dell'agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro, sullo stato della sicurezza e della salute sul lavoro nell'Unione Europea. In Italia le statistiche riflettono il trend europeo e le cadute in piano rappresentano la terza causa di infortunio di tutti i comparti produttivi; per dare un'indicazione dell'entità del fenomeno, considerando i dati per l'anno 2009, si registrano 53.166 casi denunciati pari a circa il 15% di tutti gli infortuni di cui sono note le cause.

Le cadute in piano causano infortuni anche gravi nei lavoratori con una durata media di assenze dal lavoro di 38 giorni, durata superata soltanto dalle assenze dovute alle cadute dall'alto, con 47 giorni, e dagli infortuni per impiglio/aggancio, con 49 giorni. Gli indennizzi corrisposti a seguito di tali infortuni ammontano a oltre 90 milioni di euro e rappresentano la principale voce di spesa dell'Inail. La conseguente perdita di 2 milioni di giorni lavorativi, in tutti i settori, nell'anno 2009, ha rappresentato la prima causa di assenza dal lavoro, con ovvie ricadute negative sul piano economico per l'intero sistema produttivo nazionale (fonte: Banca Dati Inail). Il rischio di caduta in piano da scivolamento rappresenta oggi un rischio normato dal D.Lgs. 81/08, che il datore di lavoro è obbligato a valutare, per identificare adeguate misure di

^{*} Contarp – Inail - Direzione Regionale per la Campania

^{**} LEAS - Dipartimento di Configurazione e Attuazione dell'Architettura

^{***} Inail - Settore Ricerca Certificazione e Verifica, Dipartimento di Napoli

miglioramento. Allo stato attuale, tuttavia, la valutazione è condotta solo per gli ambienti nei quali questo è riconosciuto come rischio specifico e porta abitualmente alla predisposizione di misure che riguardano la prescrizione di calzature con suola antiscivolo; tuttavia, le mutevoli condizioni di esercizio possono determinare situazioni di usura, umidità superficiale e contaminazione, che influiscono sulla sicurezza delle pavimentazioni, compromettendo spesso anche la sicurezza dei lavoratori che indossano DPI. Ma il problema della valutazione di questo rischio si estende anche al terziario, ambito nel quale è ampiamente sottostimato e spesso del tutto incontrollato. Il Datore di Lavoro è obbligato, infatti, a prendere appropriati provvedimenti per evitare che si possano verificare rischi non solo per i propri dipendenti ma per tutti i soggetti che, per qualsiasi motivo e indipendentemente dal tempo di permanenza, sono presenti nell'ambiente di lavoro.

IL RAPPORTO FRA RISCHIO DI CADUTA E SCIVOLOSITÀ DELLE PAVIMENTAZIONI

Gli infortuni provocati da scivolamento o inciampo sulla superficie di calpestio sono generalmente ricondotti, dalla letteratura e dalla normativa tecnica-edilizia, al valore della resistenza allo scivolamento delle pavimentazioni (Li & Chang, 2009; Liua & Kimb, 2012). In effetti, la caduta sullo stesso livello è prevalentemente riconducibile a una inadeguata interazione tra la superficie della suola della scarpa e la superficie del pavimento ed è fortemente condizionata dalla resistenza allo scivolamento della superficie di calpestio.

La resistenza allo scivolamento della pavimentazione attiene alle caratteristiche superficiali del suo rivestimento che possono ostacolare o facilitare lo scorrimento di corpi in movimento su di esso.

Tale attributo è condizionato principalmente dall'attrito e, quindi, dal livello di rugosità e dalle condizioni in cui si trova la superficie del rivestimento. La resistenza allo scivolamento della superficie di calpestio descrive, infatti, le condizioni cinematiche e dinamiche del movimento di un corpo a contatto con essa (Leclercq et al., 1997; Ricotti et al., 2009; Beschorner et al., 2007). Il parametro generalmente utilizzato per descrivere il livello di scivolosità di una superficie è il coefficiente di attrito radente statico o dinamico, che corrisponde a una grandezza adimensionale dipendente dalle caratteristiche dei materiali delle due superfici a contatto durante il cinematismo (suola della scarpa/superficie della pavimentazione). L'attrito statico o dinamico è determinato dall'interazione tra due superfici piane che rimangono a contatto mentre scorrono l'una rispetto all'altra e il coefficiente di attrito è proporzionale alla forza, parallela alla superficie di contatto, che occorre applicare perché si abbia una condizione di equilibrio o il moto relativo fra due corpi. Maggiore è il coefficiente di attrito che caratterizza la superficie del rivestimento della pavimentazione, minore è la sua scivolosità. Tuttavia, è necessario evidenziare che la condizione di scivolamento non è relativa al solo aspetto di una condizione di equilibrio governata dal coefficiente di attrito, ma è dovuta anche alle interazioni tra entità diverse e condizionate da fattori oggettivi (tecnici, ambientali e funzionali-spaziali) (HSE, 2007; Lazarus et al., 2010) e soggettivi (umani/comportamentali) (Attaianese & De Margheriti, 2007; Lesm et al., 2007; Bhattacha et al. 2007). La determinazione del valore di un indice complessivo di scivolamento che si possa ritenere sufficiente ad assicurare adeguati livelli di sicurezza, deve quindi tener conto di fattori eterogenei, come quelli climatici (temperatura, umidità, pioggia), dei differenti valori del coefficiente d'attrito che caratterizzano le pavimentazioni interessate, della destinazione d'uso dell'ambiente in cui la pavimentazione è messa in opera (in relazione alla maggiore o minore esposizione ad agenti macchianti, filmanti e alteranti), ecc. L'indice deve inoltre considerare i fattori legati alle caratteristiche fisiche e comportamentali degli utenti (abilità motoria e percettivo-sensoriali, forza muscolare, funzionalità articolare, ecc.); in particolare, l'abilità psico-cognitiva (capacità di attenzione, di

orientamento di memoria e ragionamento, ecc.) e i possibili usi impropri degli spazi da parte degli utilizzatori (consumo di cibi in luoghi non destinati a tale funzione, i cicli irregolari di pulizia ordinaria e straordinaria, ecc.).

IL PROGETTO MISP

Il progetto MiSP è stato sviluppato in 4 fasi operative:

Fase 1 Messa a punto di un protocollo di rilevamento della scivolosità delle pavimentazioni in opera, finalizzato alla impostazione di una banca dati per la valutazione del rischio scivolamento

Fase 2 Campagna di rilevamento dei dati per l'impostazione di una banca dati

Fase 3 Analisi dei dati rilevati e realizzazione della banca dati on line

Fase 4 Messa a punto di linee guida per la valutazione non strumentale del rischio da scivolamento sulla pavimentazione.

Il completamento delle fasi 3 e 4 ha consentito il rilascio di due strumenti operativi per la valutazione del rischio di scivolamento che rappresentano una buona prassi di riferimento per i tecnici della sicurezza, di seguito illustrati.

PROTOCOLLO PER IL RILEVAMENTO DEL RISCHIO SCIVOLAMENTO

La redazione delle linee guida per la valutazione non strumentale del rischio da scivolamento sulla pavimentazione è stata condotta organizzando in forma organica e con linguaggio accessibile i risultati delle fasi di analisi della letteratura, analisi statistica dei dati rilevati sul campo e validazione della banca dati ottenuti nelle fasi precedenti della ricerca. Al fine di contribuire all'avanzamento della cultura tecnica del settore, le linee guida sono state redatte in due sezioni, di cui la prima presenta la rassegna delle cause per le quali ciascun fattore può intervenire nel determinare l'evento di scivolamento e caduta in piano, la seconda è costituita da una check-list ragionata che costituisce un metodo di valutazione del rischio scivolamento e caduta. La check-list, oltre a fornire gli indicatori per il rilevamento dei fattori di rischio scivolamento e caduta presenti, permette di pesarli per valutare se il rischio di scivolamento associato al valore di coefficiente di attrito rilevato strumentalmente sia da considerarsi aggravato a causa delle condizioni del contesto.

Per ciascun indicatore in elenco sarà necessario valutare se esso è applicabile al caso specifico di analisi, successivamente si potrà pesare il rischio di scivolamento sulla base del numero di condizioni di rischio rilevate in rapporto al totale delle condizioni di rischio applicabili. Il rischio di scivolamento valutato indipendentemente dalla misura del Coefficiente di Attrito sarà pertanto basso nel caso in cui nessuna delle condizioni di rischio sia verificata ed aumenterà in proporzione alle condizioni negative riscontrate. Gli indicatori che rimandano a indicazioni cogenti previste dal Decreto Ministeriale - Ministero dei Lavori Pubblici 14 giugno 1989, n. 236 sono evidenziate dalla campitura colorata.

Le linee guida così formulate costituiscono anche una guida per identificare gli interventi di miglioramento di natura tecnica o organizzativa per ridurre il livello di rischio scivolamento.

BANCA DATI

Nel corso della ricerca sono state eseguite 91 misurazioni del coefficiente di attrito, che corrispondono ai 91 record della banca dati, in luoghi che presentano condizioni diverse rispetto agli aspetti tecnici della pavimentazione e per l'utilizzo degli ambienti che incidono sul

valore di COF offerto dalla pavimentazione. La Tabella 1 riporta le condizioni rilevate per tutte le variabili tecniche e d'uso considerate.

Tav. n. 1- Prospetto delle variabili considerate nella raccolta dati

Variabili tecniche e d'uso	Condizioni rilevate
materiale	marmo gres porcellanato graniglia/marmettone parquet laminato pvc/gomma linoleum resina cemento monocottura bicottura cotto
tempo di vita	entro il ciclo di vita oltre il ciclo di vita
intensità di calpestio	alta media bassa
trama superficiale (rugosità)	piatta accentuata
frequenza della pulizia a secco	quotidiana 7 giorni occasionale
frequenza della pulizia a umido	quotidiana 7 giorni Occasionale Non nota
alterazione da detergenti impropri	si no
uso di carrelli	si no
uso di sedie riunione/lavoro	si no

Il numero di rilevamenti per condizione tecnica rispecchia la diffusione dei materiali correntemente impiegati nelle pavimentazioni nella realtà locale di riferimento. La banca dati è accessibile dal link <http://www.leas.unina.it/ita/misp.html>, in una pagina web contenente le istruzioni per l'accesso, un'introduzione all'utilizzo della banca dati, un glossario per l'interpretazione dei dati in essa contenuti, e una videoguida che esemplifica l'uso di tutte le funzioni presenti della banca dati.

CONCLUSIONI

Come si evince dalle statistiche nazionali ed europee, la rilevanza del rischio di caduta in piano nei luoghi di lavoro è ampiamente dimostrata dalla numerosità degli incidenti dovuti a cause legate alla sicurezza delle pavimentazioni e dall'impatto di questi sui giorni di assenza dal lavoro, nonché dall'entità dei relativi indennizzi corrisposti, che negli ultimi anni rappresentano la principale voce di spesa dell'Inail.

Sul piano tecnico però la considerazione di questo rischio si basa spesso sul semplice esame a vista delle superfici, senza condurre rilievi più accurati di carattere strumentale che possono consentire una adeguata valutazione. Ciò è dovuto, probabilmente, ad una scarsa consapevolezza del problema da parte della cultura tecnica (cosa che riguarda anche gli organismi di vigilanza) conseguente alla ridotta diffusione di strumentazioni e metodologie appropriate. Pertanto si assiste nel nostro Paese ad una generale inadempienza dell'obbligo di valutazione del rischio di caduta in piano sui luoghi di lavoro il quale, di fatto, rappresenta oggi un rischio non controllato, oltre che sottostimato, che conduce ad una reale impossibilità di attuare adeguate misure correttive. A questo scopo l'Inail-Direzione Regionale per la Campania, ha finanziato e promosso il progetto MiSP, finalizzato alla messa a punto di una metodologia di valutazione del rischio di caduta sui luoghi di lavoro e di un protocollo affidabile per la misura della scivolosità delle pavimentazioni in opera.

Lo studio ha confermato che il rischio di caduta non va legato esclusivamente al coefficiente di attrito, ma che un ruolo fondamentale è rivestito dalle condizioni di contesto che incidono sulla qualità del percorso, sia in termini di fattori ambientali, quali l'illuminazione, il rumore, gli agenti atmosferici, sia in termini di organizzazione e localizzazione degli spazi, e loro destinazione funzionale e d'uso. Infine fondamentale è la considerazione della componente umana e comportamentale nella valutazione del rischio di caduta, anche in considerazione della variabilità del modo di camminare di ciascun individuo, dovuto a condizioni personali o contingenti.

L'iter di valutazione e il protocollo di misura è stato applicato a 12 luoghi di lavoro, caratterizzati da pavimentazioni diverse per materiali e condizioni di impiego. I dati rilevati costituiscono la base di una banca dati implementabile della scivolosità accessibile gratuitamente via web.

BIBLIOGRAFIA

Attaianese E., De Margheriti G., Users behaviours and flooring technical requirements for injury prevention in public spaces, in Chang W.R. and Chang C.C.M (Eds) Proceedings of the International Conference on Slips, Trips, and Falls 2007 From Research to Practice pp. 66-70, 2007.

Beschorner, K.E., Redfern M.S., Porter W.L., , Debski R.E., Effects of slip testing parameters on measured coefficient of friction, Applied Ergonomics 38, pp. 773-780, 2007.

Bhattacharya A., Succop P., Modawal A., Sobeih T., Gordon J., and Kincl L., Impact of Mismatch Between Actual and Perceived Risks on Slip/Fall While Negotiating a Ramp, in Proceedings of the International Conference on Slips, Trips, and Falls – From Research to Practice,) pp. 128-132, 2007.

HSE, Assessing the slip resistance of flooring. A technical information sheet, Health and Safety Executive, 2007.

Lazarus D., Perkins C., Carpenter J., Testing of walking surfaces, in Safer surfaces to walk on—reducing the risk of slipping, CIRIA, pp. 13-15, 2010.

Leclercq S., Tisserand M., Saulnier H., Analysis of measurements of slip resistance of soiled surfaces on site, Applied Ergonomics Vol 28, No. 4, pp. 283-294, 1997.

Lesch M.F., Chang W.R., Chang C.C., Reliability of Visual Cues in Predicting Judgments of Slipperiness and the Coefficient of Friction of Floor Surfaces, in Proceedings of the International Conference on Slips, Trips, and Fall From Research to Practice, pp. 138-142, 2007.

Li K.W., Chang W.R., Chang C.C., Evaluation of two models of a slipmeter, Safety Science 47 pp. 1434-1439, 2009.

Liua J. and Kimb S., Effect of walking surface perturbation training on slip propensity and local dynamic stability, Work 41 pp. 3352-3354, 2012.

Ricotti R., Delucchi M., Cerisola G., A comparison of results from portable and laboratory floor slipperiness testers, International Journal of Industrial Ergonomics 39, pp. 353-357, 2009.

3.2. IL LAVORATORE “ANZIANO” E GLI INFORTUNI SUL LAVORO: ANALISI DEL FENOMENO IN CAMPANIA

P.G. Iacoviello, C. Iaccarino, R. Formicola
Sovrintendenza Medica Regionale INAIL Campania

Se da un lato l'evoluzione demografica in Europa negli ultimi decenni ha evidenziato una costante caduta del tasso di natalità e l'aumento della speranza di vita, dall'altro la recente evoluzione nel mondo dell'economia e del lavoro si è tradotta in una riduzione dei tassi di occupazione, a nuove forme di flessibilità, ad un aumento della disoccupazione giovanile e al ritardo dell'uscita dal mondo del lavoro degli ultracinquantenni.

Tali problematiche assumono un rilievo peculiare specie in realtà socio-economiche quale quella italiana, e quella delle regioni meridionali in particolare, in quanto in passato è stata privilegiata, attraverso l'istituto del prepensionamento, la precoce uscita dal mercato del lavoro dei lavoratori nella fascia d'età più elevata.

Inoltre, l'invecchiamento della popolazione lavorativa pone rilevanti problematiche di ordine medico e prevenzionale, determinate dalla fisiologica involuzione legata all'età, che si traduce in una riduzione della forza muscolare, in una progressiva limitazione articolare, in una progressiva compromissione della capacità visiva e di quella uditiva ed in una modificazione cognitiva e, soprattutto, psico-relazionale.

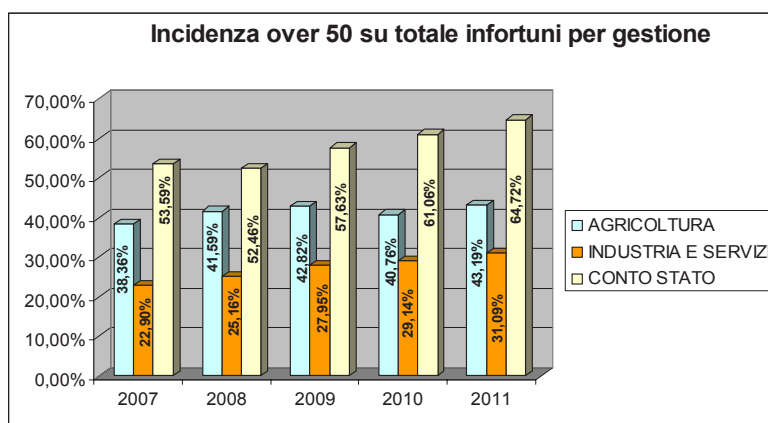
Nel presente studio è stato analizzato il fenomeno infortuni sul lavoro in Campania al fine di quantificare e l'incidenza degli eventi di natura infortunistica nella categoria dei lavoratori over 50, qualificandone gravità ed esiti, e, quindi, di individuare le metodiche da adottare per assicurare a tale categoria di lavoratori il mantenimento della capacità di lavoro e della salute.

LA CASISTICA

In primo luogo, come si evince dalla Tab. I sono rappresentati i dati di sintesi relativi al numero di infortuni denunciati e riconosciuti distinti per gestione e classe di età, in Campania. In tale ambito regionale, in analogia con i corrispondenti dati complessivi nazionali, si è osservato una riduzione di denunce di infortunio per anno, passate da 21.640 nel 2007 a 16.198 nel 2011.

L'analisi di tali dati consente di rilevare che si osserva un trend costante dal 2007 al 2011 nelle gestioni Agricoltura e Industria/Servizio, mentre, al contrario, nella gestione Conto Stato si osserva una sostanziale stabilità del numero di eventi per anno, passati da 1.226 nel 2007 a 1.233 nel 2011, con un massimo di 1.379 casi nel 2010.

Graf. n. 1: Incidenza degli infortuni a lavoratori over 50

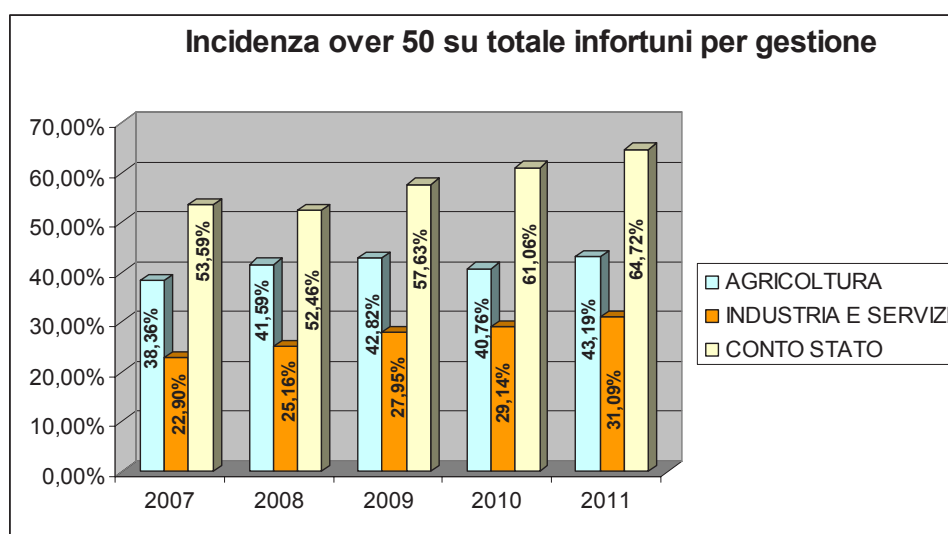


Tav. n. 1: Infortuni denunciati e riconosciuti dall'INAIL per gestione e classe di età (Campania, quinquennio 2007-2011)

Gestione	Classe di età	2007	2008	2009	2010	2011
	Agricoltura	Fino a 17 anni	3	3	1	1
18-34 anni		287	271	225	234	218
35-49 anni		879	715	726	672	582
50-64 anni		696	665	678	579	581
65 anni ed oltre		37	45	41	47	31
Indeterminata		9	8	8	3	4
TOTALE		1.911	1.707	1.679	1.536	1.417
Industria e Servizi	Fino a 17 anni	34	25	19	23	17
	18-34 anni	6.174	5.695	4.585	4.037	3.424
	35-49 anni	8.054	7.586	6.911	6.774	5.885
	50-64 anni	4.162	4.348	4.382	4.379	4.144
	65 anni ed oltre	76	78	89	79	68
	Indeterminata	3	6	13	8	10
TOTALE		18.503	17.738	15.999	15.300	13.548
Conto Stato	Fino a 17 anni	-	-	-	-	-
	18-34 anni	80	71	73	67	46
	35-49 anni	488	568	512	469	389
	50-64 anni	630	681	767	815	773
	65 anni ed oltre	27	24	30	27	25
	Indeterminata	1	-	1	1	-
TOTALE		1.226	1.344	1.383	1.379	1.233

Nella Tab. II è rappresentata graficamente l'incidenza percentuale del numero di denunce di infortuni occorsi ai lavoratori over 50 distinti per anno, che consente di evidenziare un elemento apparentemente antitetico a quello evidenziato. Infatti, nel quinquennio 2007-2011 si osserva un progressivo aumento degli eventi a carico dei lavoratori over 50 passati nella gestione agricoltura da un tasso percentuale del 38,36% nel 2007, al 43,19% del 2011. Tale incremento percentuale si osserva anche nelle gestioni Industria e Servizi, nella quale gli eventi a carico degli ultracinquantenni sono passati dal 22,90% del 2007 al 31,09% del 2011, e nella gestione in Conto Stato, nella quale si è passati dal 53,59% del 2007 al 64,72% del 2011.

Graf. n. 2: Incidenza degli infortuni a lavoratori over 50



Altri elementi di notevole rilievo sono desumibili dalle Tab. III A, B, C, D ed E che comprende i casi di infortuni indennizzati nelle differenti gestioni. Come si evince dalla dette tabelle nella gestione agricoltura e in quella Conto Stato vi è una incidenza significativamente maggiore di indennizzi nella classe di lavoratori over-50, mentre nella gestione Industria si osserva che una maggiore incidenza nella classe under-50.

Tav. n. 3: Infortuni indennizzati distinti in under-50 ed over-50, per anno e per gestione (Campania, anni 2007-2011)

Gestione	Classe di età	Tab. III A: 2007			
		Grado di menomazione			
		6-15	16-49	50-74	75-100
AGRICOLTURA	< 50	7,18%	11,48%	-	-
	> 50	92,27%	86,89%	100%	-
	Indeterminata	0,55%	1,64%	-	-
TOTALE		181	61	2	-
INDUSTRIA E SERVIZI	< 50	66,18%	69,03%	87,50%	81,82%
	> 50	33,82%	30,97%	12,50%	18,18%
	Indeterminata	-	-	-	-
TOTALE		1.230	381	16	11
CONTO STATO	< 50	33,64%	22,73%	-	-
	> 50	66,36%	77,27%	100%	-
	Indeterminata	-	-	-	-
TOTALE		110	22	1	-

Gestione	Classe di età	Tab. III B: 2008			
		Grado di menomazione			
		6-15	16-49	50-74	75-100
AGRICOLTURA	< 50	10,30%	5,36%	-	-
	> 50	87,27%	94,64%	-	100%
	Indeterminata	2,42%	-	-	-
TOTALE		165	56	-	2
INDUSTRIA E SERVIZI	< 50	66,39%	63,64%	65,00%	66,67%
	> 50	33,61%	36,36%	35,00%	33,33%
	Indeterminata	-	-	-	-
TOTALE		1.217	385	20	12
CONTO STATO	< 50	40,66%	26,67%	-	-
	> 50	59,34%	73,33%	-	-
	Indeterminata	-	-	-	-
TOTALE		91	15	-	-

Gestione	Classe di età	Tab. III C: 2009			
		Grado di menomazione			
		6-15	16-49	50-74	75-100
AGRICOLTURA	< 50	10,75%	6,35%	100%	-
	> 50	88,71%	90,48%	-	100%
	Indeterminata	0,54%	3,17%	-	-
TOTALE		186	63	1	2
INDUSTRIA E SERVIZI	< 50	63,69%	63,39%	88,24%	62,50%
	> 50	36,31%	36,34%	11,76%	37,50%
	Indeterminata	-	0,27%	-	-
TOTALE		1.256	366	17	8
CONTO STATO	< 50	33,64%	37,04%	-	100%
	> 50	66,36%	62,96%	-	-
	Indeterminata	-	-	-	-
TOTALE		107	27	-	1

Gestione	Classe di età	Tab. III D: 2010			
		Grado di menomazione			
		6-15	16-49	50-74	75-100
AGRICOLTURA	< 50	3,61%	9,52%	100%	-
	> 50	96,39%	90,48%	-	100%
	Indeterminata	-	-	-	-
TOTALE		166	63	1	1
INDUSTRIA E SERVIZI	< 50	64,22%	62,36%	80,95%	78,57%
	> 50	35,78%	37,64%	19,05%	21,43%
	Indeterminata	-	-	-	-
TOTALE		1.269	364	21	14
CONTO STATO	< 50	26,42%	21,74%	-	-
	> 50	73,58%	78,26%	-	-
	Indeterminata	-	-	-	-
TOTALE		106	23	-	-

Gestione	Classe di età	Tab. III E: 2011 (**)			
		Grado di menomazione			
		6-15	16-49	50-74	75-100
AGRICOLTURA	< 50	8,33%	8,33%	-	-
	> 50	91,67%	91,67%	66,67%	-
	Indeterminata	-	-	33,33%	-
	TOTALE	144	36	3	-
INDUSTRIA	< 50	60,75%	62,16%	85,71%	-
	> 50	39,25%	37,07%	14,29%	100%
	Indeterminata	-	0,77%	-	-
	TOTALE	1.014	259	7	1
CONTO	< 50	19,80%	18,18%	-	-
	> 50	80,20%	81,82%	-	-
	Indeterminata	-	-	-	-
	TOTALE	101	22	-	-

DISCUSSIONE

I risultati del presente studio, evidenziando l'elevata incidenza di infortuni sul lavoro nei lavoratori ultracinquantenni, impongono la necessità di approntare un modello di tutela per tale classe di lavoratori più adeguato ed efficiente, che consideri in maniera precipua la specificità dell'età e dello stato di salute del lavoratore.

Invero, non può non evidenziarsi che l'elevata incidenza di infortuni sul lavoro nei lavoratori over 50 nel campione esaminato, sia relazionabile, in maniera diretta o indiretta, alle numerose e, talora, complesse problematiche inerenti lo stato di salute e la riduzione delle capacità prestazionali nei lavoratori anziani. Infatti, la maggiore vulnerabilità dei lavoratori di età più avanzata (Occhipinti e Colombini, 2000), rispetto ai più giovani, trova le sue ragioni, oltretutto per la insorgenza di patologie comuni, nella ridotta forza e resistenza muscolari, nella diminuita tolleranza al caldo e al freddo, nel progressivo deficit della capacità visiva e dell'udito, nella ridotta motilità ed elasticità delle articolazioni. Inoltre, la pressoché costante artropatia, cui consegue una maggiore o minore compromissione funzionale, spesso riconosce nell'attività lavorativa stessa un fattore fisiopatogenetico rilevante pur senza giungere alle connotazioni e alla specificità di una tecnopatia (Franco, 1995, Campurra, 2011).

D'altra parte, l'**indebolimento ed il** depauperamento delle capacità di lavoro con il progredire dell'età è l'espressione della fisiologica involuzione psicofisica e relazionale si accompagna parallelamente ad una costante crescita professionale espressa in termini di esperienza, prudenza e di abilità (Costa, 2000).

Con tali elementi bisogna confrontarsi al fine della adeguata tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori in generale e di quelli di età più avanzata in particolare, così, come peraltro previsto dal D.lgs. 81/08, che richiama con energia questo concetto e già nell'art.1 evidenzia l'importanza di tener presenti le differenze legate al sesso, all'età ed alla provenienza geografica e all'art. 28 comma 1 dispone che la valutazione dei rischi deve riguardare tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, compresi quelli connessi alle differenze di genere, età e provenienza da altri paesi (Guariniello, 2012).

Tra le problematiche inerenti la tutela del lavoratore ultracinquantenne alcune assumono un rilievo peculiare, in particolare quelle inerenti la movimentazione manuale dei carichi, per il ruolo determinante nella fisiopatogenesi dell'esposizione a tale rischio in numerose forme di artropatia. La fisiologica riduzione della forza muscolare con l'età, impone che la manipolazione di carichi pesanti e le altre attività che richiedono forza muscolare, debba essere gestita in modo adeguato rispettando i bisogni specifici di ogni lavoratore nella fascia d'età più elevata. Ne consegue, che è indispensabile l'adozione di valori di riferimento del massimo peso sollevabile più bassi di quelli indicati per lavoratori adulti con meno di 45 anni, l'attuazione di programmi di sorveglianza sanitaria mirata specifici per i lavoratori ultracinquantenni, l'utilizzo di attrezzature ergonomiche, rispettando rigorosamente la disposizione che tutti i carichi di lavoro dovrebbero essere adeguatamente valutati al fine di

garantire che non superino le capacità individuali, come previsto anche dalle Linee Guida SIMLII per la movimentazione manuale dei carichi (Colombini D. et al., 2004) e come previsto dall'allegato XXXIII del D.lgs. 81/08. Tale disposto normativo include tra i fattori individuali da tenere in considerazione nella prevenzione del rischio di patologie da sovraccarico biomeccanico *"l'idoneità fisica a svolgere il compito in questione tenendo conto altresì delle differenze di genere e di età"* (Guariniello, 2012).

Altra problematica di rilievo è inerente alla fisiologica involuzione della vista legata all'età che impone al datore di lavoro di garantire ai lavoratori nelle fasce d'età più elevate un ambiente visivo con illuminazione adeguata e, ove previsto dalla normativa vigente, regolari controlli oculistici per evitare rischi alla salute e garantire la sicurezza dei lavoratori stessi, e la riduzione dell'udito legata all'invecchiamento. Questa è più frequente tra i lavoratori ultracinquantenni e si traduce in una difficoltà di distinguere i suoni, specialmente quelli più acuti con conseguenti ripercussioni negative non solo sulla capacità lavorativa e nell'avvertire il pericolo.

In vero, il problema dell'invecchiamento della popolazione lavorativa è stato già affrontato in altre realtà Europee con l'adozione di strategie che, comunque, considerano i lavoratori over 50 come uno dei gruppi "deboli" ma i risultati sinora ottenuti non sono soddisfacenti (Ilmarinen e Costa, 2000).

A nostro avviso, invece, è di fondamentale rilevanza, in accordo con Lentisco e Di Tecco (2007) affrontare il problema del lavoratore anziano tenendo conto delle diverse dimensioni del problema, sia sociali ed economiche, che di ordine medico e prevenzionale, identificando modelli di intervento che prevedano una formazione continua, sulla quale fondare strategie di intervento finalizzate all'adeguamento dei lavoratori alla evoluzione tecnologica e creando una connessione funzionale ed il counseling aziendale, che, tramite azioni di sostegno, consulenza e ascolto dei problemi, sostiene la partecipazione, la motivazione nel lavoro e il senso di appartenenza all'azienda da parte dei lavoratori. Tale strategia impone un orizzonte culturale ed un'adesione di tutte le parti coinvolte nella tutela del lavoratore, ossia il lavoratore stesso, il datore di lavoro, le Parti Sociali, il medico competente ed il medico di famiglia, figura che, per la sua contiguità sociale e culturale con il cittadino/lavoratore, assume, a nostro avviso, un rilievo fondamentale in questo percorso teso alla efficace tutela della salute del lavoratore ultracinquantenne, che, al contempo, renderà possibile valorizzare l'esperienza del lavoratore anziano, intesa come valore aggiunto alla professionalità e alla competenza.

Bibliografia

- Abburrà L., Donati E.: *"AGEING: verso un mondo più maturo. Il mutamento delle età come fattore di innovazione sociale"*, IRES PIEMONTE, 1998
- Campurra G.: *"Manuale Medicina del lavoro 2011"*, Ed. Ipsoa Indicalia, 2011.
- Colombini D. et al.: *"Linee guida per la prevenzione dei disturbi e delle patologie muscolo-scheletriche del rachide da movimentazione manuale dei carichi"*, 2004.
- Costa G.: *"Capacità di lavoro e invecchiamento"*, Med. Lav., 91, 4: 302-312; 2000.
- Franco G.: *"Compendio di medicina del lavoro e medicina preventiva degli operatori sanitari"*, Ed. Piccin Padova, 1995.
- Guariniello R.: *"Il Testo Unico Sicurezza sul lavoro commentato con la giurisprudenza"*, Ed IPSOA, 2012.
- Ilmarinen J. e Costa G.: *"L'invecchiamento dei lavoratori nell'unione europea"*, Med. Lav., 91, 4: 279-295; 2000.
- Lentisco F. e Di Tecco C.: *"Promozione della salute, produttività d'azienda e valorizzazione delle risorse umane: il Counseling nei luoghi di lavoro"*, Fogli d'informazione ISPESL aprile-giugno 2007.
- Occhipinti E. e Colombini D.: *"Invecchiamento lavorativo ed alterazioni muscoloscheletriche"*, Med. Lav., 91, 4: 342-353; 2000.

3.3. REVAMPING DI UN IMPIANTO DI DESOLFORAZIONE DI PASTELLO DI PIOMBO, CERTIFICATO SECONDO LA DIRETTIVA PED, ALL'INTERNO DI UN IMPIANTO DI FRANTUMAZIONE BATTERIE ESAUSTE

R. Iovene* - S. Visone** - P. Addonizio* - L. Battello***

* INAIL- Settore Ricerca Certificazione e Verifica - Dipartimento di Napoli

** ECO-BAT S.p.a.

*** Studio Tecnico Battello

1. SOMMARIO

L'Inail ex Ispesl Dipartimento di Napoli ha seguito la realizzazione di un impianto di cristallizzazione realizzato in un sito industriale che si occupa del recupero delle batterie di piombo esauste; l'azienda ricade anche nell'ambito degli impianti a rischio di incidente rilevante.

Si è partiti dal recupero di un vecchio impianto che è stato oggetto di revamping: in particolare sono state recuperate, previa verifica dell'idoneità strutturale tramite indagini e controlli non distruttivi, alcune attrezzature omologate a suo tempo dall'Ispesl.

2. GENERALITÀ

Il presente documento ha lo scopo di fornire, unitamente alla descrizione dei componenti l'insieme a pressione e dei dispositivi di sicurezza di cui è dotato, una breve descrizione del processo di recupero delle batterie di piombo esauste e in particolar modo della fase di desolfurazione del "pastello" di piombo che rappresenta uno step intermedio dell'intero trattamento.

Tale procedimento permette:

- un miglioramento delle condizioni di lavoro
- di minimizzare la produzione di rifiuti (scoria)
- di minimizzare l'emissione di gas acidi (SO₂)
- diminuzione dei consumi energetici
- riduzione del fabbisogno di combustibile
- riduzione delle emissioni di gas serra (CO₂)

Il procedimento è riconosciuto come *Best Available Technologies* (B.A.T.) dalla direttiva *Integrated Pollution Prevention and Control* (I.P.P.C.) [1].

Per completare la trattazione dal punto di vista energetico vengono riportati i consumi specifici dell'unità di desolfurazione.

3. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

L'impianto di cristallizzazione è stato certificato come insieme composto da (v. anche fig.1):

- Generatore di vapore (PS=12 bar; TS= 192,5 °C)
- Linee vapore (PS=15 bar; TS= 205 °C)
- Linee processo (PS=5 bar; TS= 215 °C)
- Compressore (PS=1,6 bar; TS= 158,1 °C)
- Demister (PS=2,5 bar; TS= 200 °C)
- Cristallizzatore (PS=3 bar; TS= 150 °C)
- Scambiatori a piastre (PS=10 bar; TS= 185 °C)
- Centrifuga (PS=2 bar; TS= 133 °C)
- Serbatoio accumulo condensato

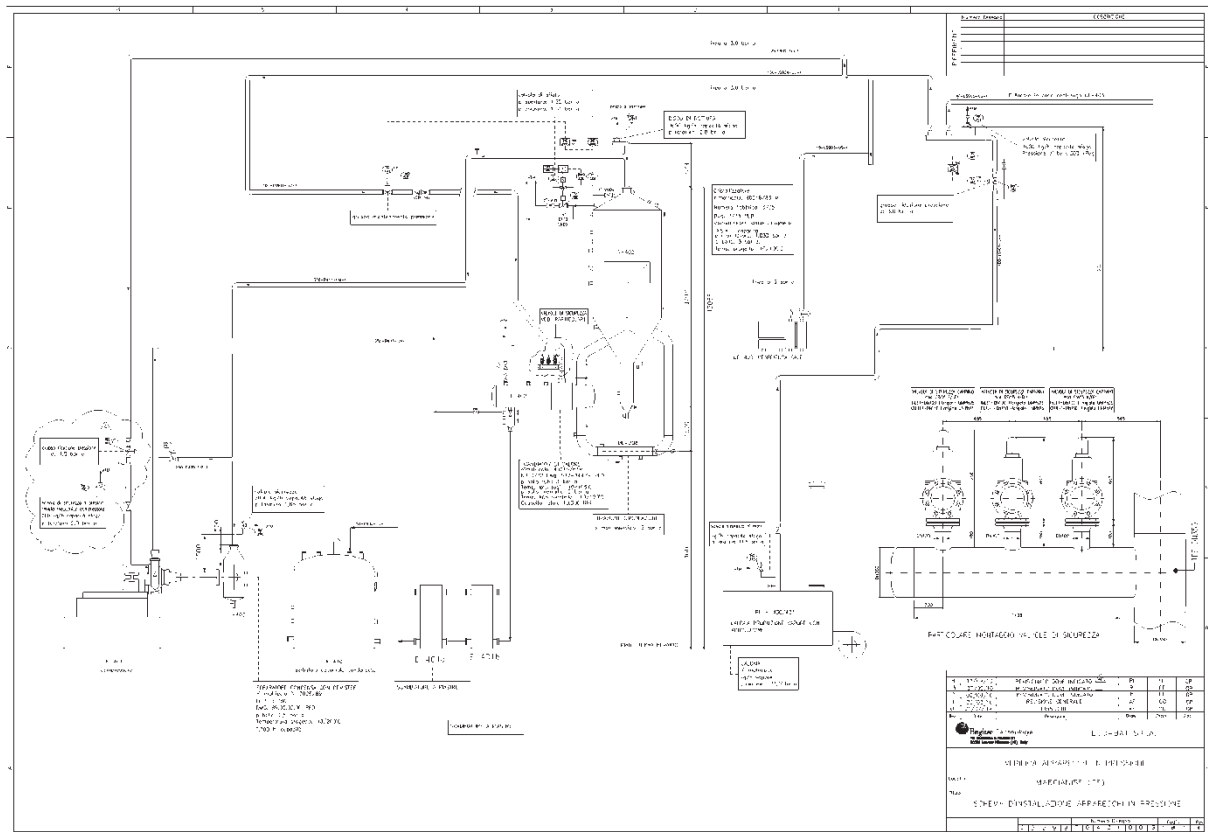
L'insieme è protetto da un sistema di accessori di sicurezza installati sul generatore di vapore, sulle tubazioni e sul cristallizzatore quali:

- gruppi riduttori di pressione
- valvole di sicurezza di tipo meccanico
- dischi di rottura,

ed ha le seguenti caratteristiche Ped:

- Fluido gruppo 1
- Categoria IV
- Modulo G

Fig. 1 – Schema dell'impianto di cristallizzazione



4. DESCRIZIONE DEL PROCESSO

4.1 Separazione e reazione di desolfurazione

La rottura e macinazione delle batterie al piombo, seguita da un processo di separazione idrodinamica, permette di separare e recuperare in maniera selettiva i vari componenti delle batterie: pastello di piombo, griglie metalliche, polipropilene, plastiche pesanti.

Tutti i componenti vengono successivamente reinseriti in specifici cicli produttivi e quindi riutilizzati dall'industria.

Il pastello di piombo, costituito da una miscela di solfato di piombo ($PbSO_4$), ossidi di piombo (PbO e PbO_2) e piombo metallico, è la frazione che viene successivamente sottoposta al processo di desolfurazione.

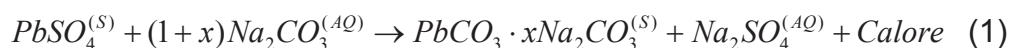
Lo scopo è quello di rimuovere lo zolfo dai composti di piombo che ci sono nella massa attiva delle batterie e rimuovere anche i sali basici che si vengono a formare durante la desolfurazione, tutto questo prima che il pastello venga mandato in fonderia.

La rimozione dello zolfo porta alla diminuzione delle emissioni di SO_2 e alla diminuzione della scoria prodotta, mentre la rimozione del sodio presente nei sali basici porta alla

diminuzione ulteriore della produzione di scoria. Il tutto viene fatto a temperatura relativamente bassa (circa 50 °C).

Lo zolfo contenuto nel pastello è dato dalla presenza del solfato di piombo e dell'acido solforico residuo presente dopo la filtrazione del pastello. Come riferimento il contenuto è dell'ordine del 6% in peso.

La reazione di desolforazione può essere scritta nel seguente modo:



Dove: S = fase solida AQ = fase liquida

Il coefficiente x varia tra 0 e 0.25 e dipende dalle condizioni operative (es. tempo di reazione, purezza reagenti, etc.).

La soluzione solido-liquida ottenuta viene filtrata mediante filtri a membrana, quindi il filtrato costituito da una soluzione di solfato di sodio (Na_2SO_4) viene stoccata e successivamente inviata al cristallizzatore mentre la fase solida costituita principalmente da carbonato di piombo viene trasferita in fonderia per essere fusa e raffinata allo scopo di ottenere piombo metallico.

4.2 Cristallizzazione della soluzione di solfato di sodio

La cristallizzazione di solfato di sodio avviene per evaporazione di una soluzione salina di solfato di sodio (Na_2SO_4) in un cristallizzatore monostadio, a ricompressione meccanica. Il vapore prodotto nel cristallizzatore, dopo aver attraversato un separatore di gocce (Demister), viene ricompresso adiabaticamente, portato ad una temperatura vicina a quella di saturazione mediante l'aggiunta di acqua di attemperamento nel flusso di vapore compresso ed addizionato di una quota di reintegro di vapore vivo, proveniente dalla caldaia installata. Il vapore viene quindi inviato allo scambiatore per evaporare la salamoia circolante nel corpo del cristallizzatore.

Tale sistema è, in termini di consumo energetico, il più favorevole possibile poiché l'unico apporto d'energia "esterna" richiesto è costituito dal vapore vivo prodotto in caldaia per compensare le perdite di calore attraverso le pareti del cristallizzatore e per portare la soluzione alla temperatura di ebollizione (oltre naturalmente all'energia elettrica necessaria ad azionare il compressore).

Il vapore condensato nello scambiatore viene inviato ad un serbatoio di stoccaggio dopo essere stato utilizzato per preriscaldare la salamoia fresca in arrivo alla cristallizzazione. Il sale prodotto viene estratto dal cristallizzatore ed inviato ad una centrifuga. Il sale separato viene inviato all'essiccamento, mentre le sue acque madri vengono miscelate con la salamoia fresca in arrivo dalla filtrazione del pastello ed inviate al cristallizzatore.

5. IMPATTO AMBIENTALE

L'impianto è dotato di una rete di aspirazione di sfiati operativi collettati tutti ad un sistema di abbattimento, tipo scrubber, in maniera tale da abbattere le polveri sottili presenti, rimuovere gas acidi e restituire all'atmosfera un fluido purificato. Le concentrazioni dei vari inquinanti sono in accordo alle normative vigenti in materia:

- polveri: meno di 5 mg/Nm³
- piombo: meno di 3 mg/Nm³

In aggiunta non ci sono effluenti liquidi rilasciati dal sistema verso l'esterno.

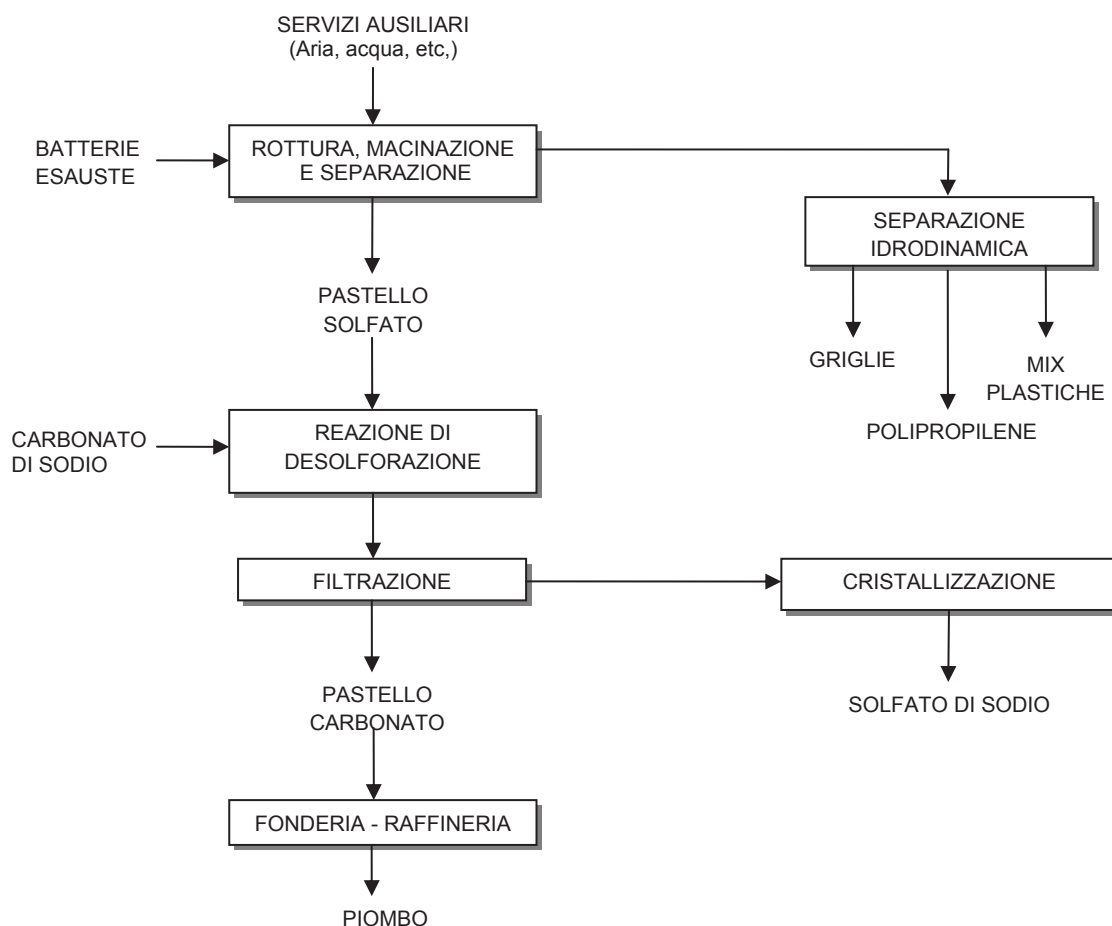
6. CONFRONTO TRA PROCESSO TRADIZIONALE E PROCESSO CON DESOLFORAZIONE

La rimozione dello zolfo dal pastello di piombo, mediante reazione chimica con carbonato di sodio, presenta dal punto di vista ambientale ed economico molteplici vantaggi:

- consente di ridurre le emissioni in atmosfera di anidride solforosa (SO_2)
- riduce le quantità di reagenti da utilizzare in fonderia (i.e. ferro)
- sviluppa un minore quantità di scoria da trattare
- riduce il contenuto di piombo nella scoria
- riduce i consumi di combustibile
- aumenta la resa di recupero del piombo
- aumenta la produttività globale del processo

Di seguito è riportato nell'ordine: lo schema a blocchi del processo (Fig.2) ed i consumi specifici dell'unità di desolforazione (Tab. 1).

Fig. 2 - Schema a blocchi del processo



7. CONSUMI SPECIFICI DELL'UNITÀ DI DESOLFORAZIONE

Valori riferiti ad 1 tonnellata di batterie.

I valori in tabella sono stati calcolati considerando che l'unità di desolfurazione potrà operare 24 ore al giorno processando il pastello equivalente a 250 tonnellate di batterie.

Tab. 1 - Consumi specifici dell'unità di desolfurazione

• Metano (essiccazione sale)	4	Nm ³
• Metano (produzione di vapore)	3	Nm ³
• Acqua industriale (filtrate con durezza pari a 20-30 Fr. Degrees)	0.1	m ³
• Aria ausiliare	6	Nm ³
• Aria strumentale (disoleata ed essiccata a -40°C)	5	Nm ³
• Energia elettrica (380 V, 50 Hz, 3 Ph)	44	KWh

Bibliografia

[1] *Directive 2008/1/EC* of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control.

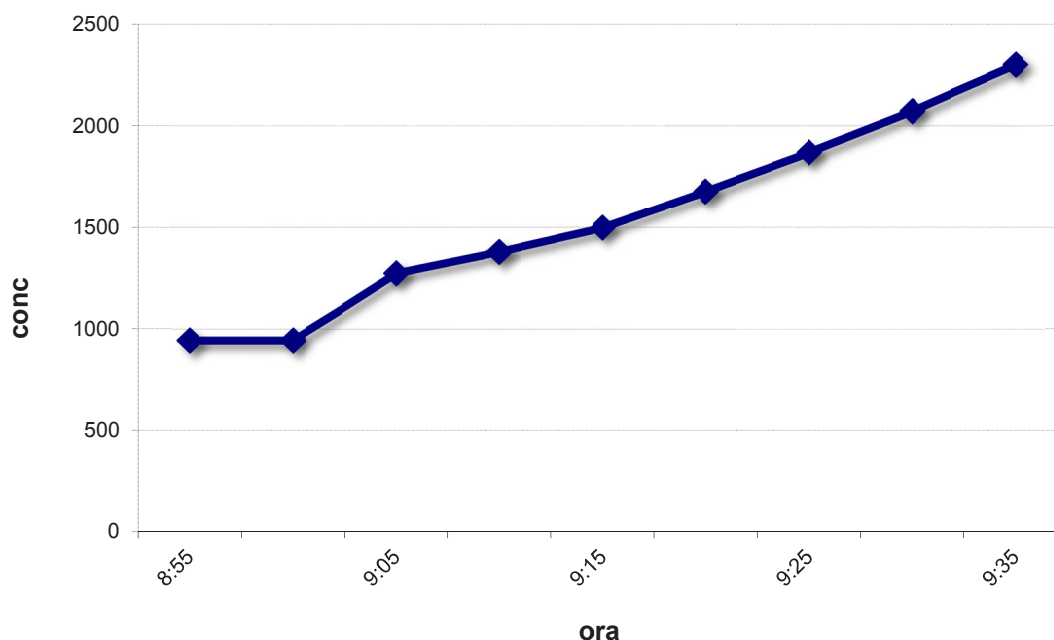
3.4. CAMBIAMO L'ARIA - LA QUALITÀ DELL'ARIA NEI LUOGHI DI LAVORO E DI VITA

M. del Gaudio. INAIL Settore Ricerca Certificazione e Verifica. Dipartimento di Avellino.

PREMESSA

Le attività lavorative si svolgono sempre più frequentemente in luoghi chiusi. Anche le nostre abitazioni hanno subito una evoluzione perché le normative in materia di risparmio energetico impongono l'utilizzo di materiali e serramenti che isolano termicamente e riducono al minimo gli spifferi. La sola presenza di persone provoca, però, un arricchimento dell'aria con i sottoprodotti della respirazione (bioeffluenti) [1]. Elevate concentrazione, di queste sostanze, possono comportare grossi fastidi per la salute con sintomi mal di testa, disturbi oculari e nasali, affaticamento e patologie del tratto respiratorio ed un generale abbassamento del livello di attenzione che predispone anche a rischi trasversali. Per determinare la concentrazione dei bioeffluenti si fa riferimento alla concentrazione del principale prodotto della respirazione umana la CO₂. Maggiori problemi si verificano nei locali a maggiore affluenza ma in assenza di adeguato ricambio anche in uffici occupati da poche persone si possono accumulare grosse quantità di inquinanti. Precedenti esperienze realizzate in una scuola materna [2] hanno, mostrato che, nelle aule didattiche, in cui l'indice di affollamento è particolarmente elevato, si realizzano pessime condizioni di qualità dell'aria. Di seguito si riportano i risultati delle misure in un'aula della scuola materna occupate da 4 insegnanti e 4 bambini durante la stagione invernale. Il grafico 1 mostra come alle 9:00 del mattino la concentrazione è già superiore ai 1000 ppm e solo dopo 30 minuti la concentrazione raggiunge il valore di 2000 ppm :

Graf. n.1: Concentrazione della CO₂ in una scuola materna



LA RESPIRAZIONE UMANA

E' utile fornire alcune indicazioni sulla respirazione umana [3]. Ogni individuo acquisisce, attraverso l'inspirazione dell'aria atmosferica, l'ossigeno che a livello cellulare è necessario per i processi che ossidano gli alimenti e producono energia e calore. Tale processo produce anche dei sottoprodotti che vengono scartati quali acqua ed anidride carbonica. L'aria inspirata, nella sua composizione media, ha una percentuale di ossigeno pari al 21 % mentre nell'aria espirata aumenta notevolmente la percentuale di anidride carbonica (CO₂) e la concentrazione dell'ossigeno si riduce al 16 %. La funzione respiratoria varia con l'età degli individui. Anche la frequenza degli atti di inspirazione ed espirazione variano da un minimo di 20-25 nel lattante a 15-30 nel bambino per arrivare poi a 12 a 20 nell'adulto. Il volume d'aria scambiata nel singolo atto respiratorio, corrisponde a circa 0,5 l negli adulti ma in specifiche occasioni possono essere scambiati volumi maggiori attingendo alla riserva che normalmente staziona nei polmoni. E' comunque noto che nell'aria espirata da un adulto la CO₂ viene emessa in una quantità pari a 0,0187 m³/(h.pers) ed quindi possibile stimare l'aumento di concentrazione nell'aria di un ambiente di vita o di lavoro.

I LIMITI DI RIFERIMENTO

Per la qualità dell'aria nei luoghi di lavoro esistono diversi riferimenti sia in testi di legge che in norme tecniche.

Il Decreto Ministeriale 18 Dicembre 1975 (sostituito dalla Legge 11 gennaio 1996, n. 23 "Norme per l'edilizia scolastica"), come pure il Decreto del Presidente Della Repubblica 14 Gennaio 1997 n. 37. per le attività sanitarie, indicano il numero di ricambi ora da fornire (ric/ora = rapporto tra il volume di aria di rinnovo introdotto e il volume del locale in un'ora). Tra le norme tecniche la UNI 10339 [4], secondo un criterio prescrittivo, prevede una portata d'aria per persona diversa a seconda della attività svolta, mentre Le norme UNI EN 13779 [5] e UNI EN 15251 [6] forniscono limiti espressi secondo tre diversi descrittori : la portata d'aria specifica per occupante Q_p, la portata d'aria specifica per unità di superficie Q_s la concentrazione di CO₂ . Come indicato nelle tabelle 1 e 2, queste ultime due norme, individuano 4 classi di qualità senza però meglio specificare i criteri per la loro individuazione.

Tabella 1 – UNI EN 13779. Limiti di riferimento per l'incremento della concentrazione di CO₂ rispetto al valore esterno.

Category	CO ₂ – level above level of outdoor air in ppm	
	Typical range	Default value
IDA 1	≤ 400	350
IDA 2	400 – 600	500
IDA 3	600 – 1000	800
IDA 4	>1000	1200

Tabella 2 – UNI EN 15251. Limiti di riferimento per l'incremento della concentrazione di CO₂ rispetto al valore esterno.

Category	Correspondig CO ₂ above outdoors in PPM for Energy calculation
I	350
II	500
III	800
IV	<800

Secondo i limiti TLV fissati dall'AGCIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) sono tossici livelli superiori a 5000 p.p.m. Lo Standard ASHRAE n. 62 [7] una concentrazione di CO₂ pari a $x + 700$ p.p.m. (dove x è la concentrazione ambientale) indica la soglia di percezione dello scarso ricambio d'aria.

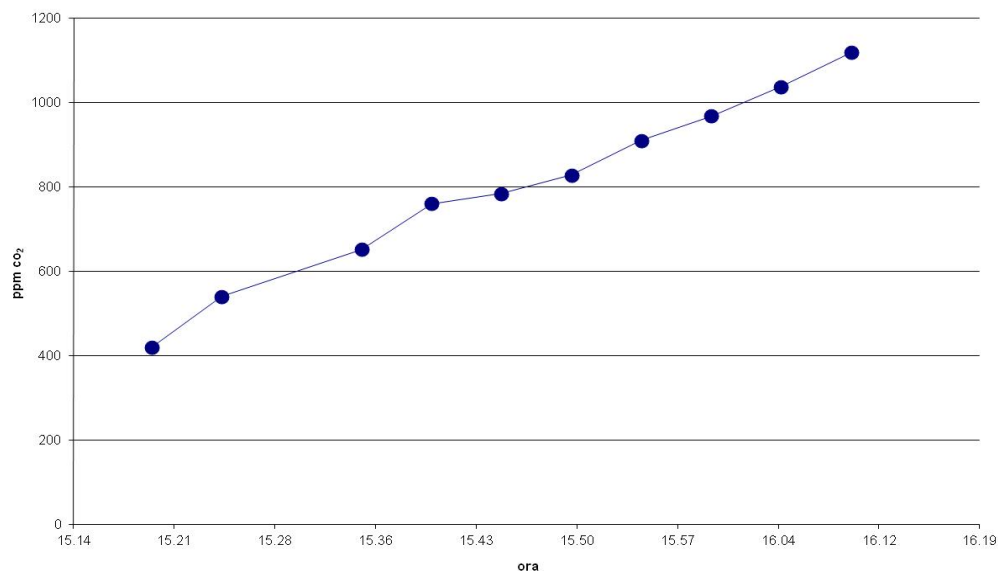
La DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia ritiene che gli edifici sono responsabili del 40 % del consumo energetico globale dell'Unione Europea ed ha posto come obiettivo per i paesi membri l'aumento per il 20% dell'efficienza energetica entro il 2020. L'Italia con varie leggi ha regolamentato il risparmio energetico degli edifici e si segnala che nel Decreto Ministeriale 26/6/2009 – Ministero dello Sviluppo Economico Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici (G.U. 10/7/2009 n. 158 – in vigore dal 25/7/2009) chiede di indicare nel calcolo del Coefficiente globale di scambio termico per ventilazione un numero di ricambi d'aria pari a 0,3 vol/h.

Infine i regolamenti locali fanno riferimento alla quantità RAI (rapporto aero illuminante) data dal rapporto tra la superficie finestrata e la superficie in pianta del locale. Tale rapporto nasceva con l'esigenza di garantire luce naturale sufficiente, ma indirettamente forniva un apporto continuo di aria attraverso le fessure. Tale apporto è probabilmente notevolmente diminuito dato che le finestre di nuova costruzione hanno una maggiore tenuta all'aria [8]. Il rapporto minimo richiesto è normalmente 1/8.

SIMULAZIONE

Monitorando l'aumento della concentrazione di CO₂ in un locale 41,76 provvisto di un lucernario di superficie 2,52 mq e di una porta di accesso da altri locali di 1,80 mq in cui erano presenti due soggetti si sono ottenuti i risultati indicati nel grafico X :

Grafico 2 – Andamento della concentrazione di CO₂.



Le misure sono state fatte a porte e finestre chiuse con una concentrazione di partenza interna della CO₂ pari a quella esterna di 420 ppm, con una temperatura esterna di 17,70 °C ed una temperatura interna di 24,00 °C. Il limite di concentrazione 1000 ppm della CO₂ è stato superato dopo 45 minuti.

Conoscendo le dimensioni del locale, il numero di occupanti e le caratteristiche di tenuta degli infissi è possibile calcolare l'incremento della concentrazione di CO₂ [9]. Applichiamo al caso reale descritto il calcolo semplificato, in cui l'apporto di aria dall'esterno è nullo, utilizzando la formula ⁽¹⁾ :

$$C_{co_2} = C_{co_2}^o + \frac{n \times N_{co_2}}{V} \times t \quad (1)$$

C_{co2}. Concentrazione finale CO₂ (ppm).

C_{co2}^o Concentrazione di partenza CO₂ (ppm).

n Numero occupanti.

N_{co2} Emissione media oraria di CO₂ di un soggetto (18000 ppm h⁻¹).

V Volume del locale (m³).

T Tempo (h).

Dal calcolo si ottiene che dopo 45 min. l'incremento della concentrazione di CO₂ stimato è di 646 ppm. Dato che il dato calcolato è pressoché uguale a quello misurato nella realtà si può desumere che lo scambio attraverso le fessure di porta e finestra è stato minimo.

CONCLUSIONI

Se in un ambiente industriale, per diluire le concentrazioni delle pericolose per la salute che non è stato possibile estrarre con sistemi di aspirazione, è necessario prevedere la portata di aria esterna, questa scelta appare meno praticabile in luoghi in cui è necessario limitare la concentrazione di bioeffluenti di origine antropica. I luoghi di vita, gli uffici e i locali destinati ad artigianali del terziario non sempre sono provvisti di sistemi di ventilazione meccanica, mentre in molti casi il ricambio dell'aria avviene attraverso le aperture verso l'esterno. Le incertezze sui fattori che condizionano l'emissione dei bioeffluenti sono principalmente riconducibili al numero di persone presenti e all'impegno metabolico di ciascuno, che rendono difficile la previsione delle portate di aria di rinnovo necessarie. Quando è presente un impianto di ventilazione meccanico la portata prevista può essere garantita costantemente, anche se non è possibile modificare facilmente, in occasione di superaffollamenti, la portata. Parimenti, nei locali che restano inutilizzati, il flusso d'aria viene sempre garantito, il caso limite è rappresentato dalle sale riunioni progettate per un grande affollamento il cui utilizzo è occasionale. In assenza di impianti di ventilazione meccanica (in pratica in tutti i luoghi di vita), l'apporto di aria primaria è quasi esclusivamente garantita dall'apertura delle finestre, e la previsione di un valore di portata è sicuramente aleatoria. In questi ambienti, l'apertura delle finestre è condizionata anche dalla necessità di mantenere la temperatura dell'aria, che normalmente gli occupanti percepiscono come il principale indicatore di comfort. I sistemi di climatizzazione (termosifoni, split ecc.) condizionano termicamente l'ambiente ma non provvedono al ricambio dell'aria.

Così come gestiamo la temperatura interna con l'ausilio di un termometro, è possibile procurarsi un sensore di gas CO₂ al costo di poche decine di euro. Alcuni modelli forniscono il valore di concentrazione su un display digitale, ma quelli più semplici hanno semplicemente due led uno verde e uno rosso, o un allarme sonoro, che segnalano la condizione ottimale o il superamento della soglia di 1000 ppm. Esistono inoltre modelli in grado di gestire automaticamente la portata d'aria dell'impianto di ventilazione, l'apertura delle finestre ecc. La diffusione di tali sensori permetterebbe di mantenere condizioni ottimali di qualità dell'aria, richiamando l'attenzione dei presenti sulla necessità di aprire

semplicemente la finestra. Per gli ambienti più complessi il sensore di CO₂ permetterebbe di gestire la ventilazione in modo automatico e secondo necessità con notevoli risparmi energetici. La qualità dell'aria esterna può essere in alcuni casi non ottimale, ma la causa purtroppo deve essere affrontata su scala comunale. E' innegabile, comunque, che in questo campo è migliorata sensibilmente l'attenzione e sono state attivati accorgimenti come l'utilizzo di combustibili meno inquinanti e la pedonalizzazione dei centri urbani che hanno profondamente modificato la qualità dell'aria in molte parti d'Italia. Resta sempre valido il principio, peraltro indicato dalla UNI 10339 [4], di prelevare l'aria primaria in punti lontani da fonti di inquinamento come zone interdette al traffico o semplicemente dal tetto. Utilizzando la formula (1) tutti possono provare a stimare la concentrazione della CO₂ nel proprio luogo di lavoro e probabilmente prendere coscienza che il rinnovo dell'aria è una delle buone abitudini che possono farci vivere e lavorare meglio.

BIBLIOGRAFIA

1. Bartlett K. H., Martinez M., Bert J., *Modeling of Occupant-generated CO₂ dynamics in naturally ventilated classrooms*, J. Occup. Env. Hygiene 1 139 – 148, 2004
2. Freda D., del Gaudio M., Lenzuni P., 2006. La qualità dell'aria nelle scuole, Atti del Convegno dBA2006 - vol.2: Microclima, 113 - 125
3. Arthur C, Guyton, John E. Hall . *Fisiologia medica*. 2006 Ed. Elsevier.
4. UNI 10339, Impianti aeraulici al fini di benessere. Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura. Ente nazionale italiano di Unificazione, Milano, 1995
5. UNI EN 13779, Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione. Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, 2008.
6. UNI EN 15251, Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica. Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, 2008.
7. 62-1989R ASHRAE STANDARD Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
8. P. Lenzuni, M. del Gaudio "Ventilazione naturale – Qualità dell'aria indoor" CDA Rivista Ufficiale AICARR Associazione Italiana Condizionamento dell' Aria Riscaldamento e Refrigerazione 2005; (4) : 38-43.
9. P. Lenzuni, M. del Gaudio "Ventilazione naturale – Qualità dell'aria indoor in ambienti non stazionari" CDA Rivista Ufficiale AICARR Associazione Italiana Condizionamento dell' Aria Riscaldamento e Refrigerazione 2005; (5) :46-52.
10. 43. Daniela Freda, Michele del Gaudio, P. Lenzuni "Indoor Air Quality in environments with anthropogenic pollution-descriptor and limit values" Ital. J. Occup. Environ. Hyg., 2010, 1(1) | 33 – 39.