



ULSS N.6 "VICENZA"
SPISAL

Servizio
Prevenzione Igiene e Sicurezza
negli Ambienti di Lavoro

con il contributo



Istituto Italiano
della Saldatura

SALDATURA

&

**AMBIENTE
DI LAVORO**

**FOCUS DAY REGIONALE
SULLA SALUTE E SICUREZZA
NEL MONDO DELLA SALDATURA**

24 maggio 2007, Vicenza

La valutazione dei rischi
Gli standard di riferimento, le modalità di misura,
casi ed esiti di indagini di esposizione.

Prof. Dott. Teresio Valente
DIMEL, Sezione Medicina del Lavoro,
Università degli Studi di Genova

Aspetti generali

La tutela della salute e della sicurezza negli ambienti di lavoro è sancita da una serie di norme giuridiche, di cui la legislazione degli ultimi quindici anni rappresenta - decreto legislativo 19/09/1994, n. 626, in testa - solo l'anello più recente. Essa richiede l'osservanza di alcuni principi di carattere generale, aventi lo scopo di valutare i rischi di origine professionale, ovvero legati all'attività svolta dall'individuo nel contesto ambientale.

La normativa più recente sopra citata prende l'avvio da norme di origine comunitaria, che hanno, come primaria linea di condotta, un trattamento omogeneo del problema in aziende ed enti di qualsiasi natura e dimensione. Il punto di vista comunitario era naturalmente quello di un pari trattamento del sistema nei Paesi aderenti, ma così facendo si è imposto un sistema omogeneo anche all'interno dei singoli Stati membri.

La stessa Comunità Europea si è anche posta il problema applicativo, fornendo tempestivamente una "Linea Guida" su come si doveva impostare il metodo, ma, nel rispetto delle tradizioni comunitarie, non ha imposto un metodo. Analogamente in Italia il Legislatore ha lasciato spazio al datore di lavoro lo spazio per scegliere metodo e criteri di valutazione, imponendogli solo di formalizzare in un documento la strada seguita ed i risultati così ottenuti.

Si è quindi realizzato, all'inizio degli anni '90 il passaggio dall'approccio **qualitativo, generico e generale** del dPR 303/56, all'approccio **quantitativo e selettivo** voluto dal d. lgs. 626/94, conferendo al datore di lavoro la responsabilità della valutazione, in base alla quale deve individuare ed applicare le misure di tutela specifiche per la situazione in essere.

L'importanza della valutazione del rischio, intesa come l'esame sistematico dei possibili pericoli connessi all'attività lavorativa per evidenziare i danni possibili e quale momento di individuazione delle modalità lavorative più corrette per eliminare o ridurre i rischi, è sottolineata dal fatto che essa è la prima delle misure di tutela che il datore di lavoro deve porre in atto (articolo 3 d.lgs.626/94). Il concetto di valutazione del rischio può essere di semplice intuizione, ma a volte l'esecuzione di questa valutazione nasconde notevoli difficoltà.

Lo scopo principale di una valutazione del rischio connesso ad una attività lavorativa è quello di adeguare i comportamenti degli interessati al fine di evitare il verificarsi dell'evento sfavorevole (danno alla salute) o quantomeno di ridurre al minimo i casi sfavorevoli o l'entità dei danni. Con ciò avremo minimizzato (al limite azzerato) il rischio ed avremo esercitato una azione preventiva.

La modifica dei comportamenti richiede sempre azioni che implicano un determinato impegno, che non è soltanto di carattere economico, ma che coinvolge aspetti conoscitivi del rischio, di individuazione delle misure di tutela attraverso fasi di ricerca tecnica o di mercato, di proposizione delle soluzioni più idonee ed applicabili, di consultazione dei soggetti coinvolti, fino a pervenire alla attuazione della misura selezionata, alla formazione dei lavoratori ed alla sorveglianza dell'applicazione.

Tutta questa serie di azioni costituiscono spesso una serie di momenti consecutivi, ognuno dei quali è concatenato al precedente ed al successivo ed, in generale, indispensabile per la correttezza della azione globale. In particolare gli ultimi due punti (formazione e sorveglianza) rappresentano momenti qualificanti dell'attenzione posta dall'azienda in merito al problema. Soprattutto la più recente normativa impone al datore di lavoro, oltre alla pratica attuazione degli interventi specifici, anche la dimostrazione di aver perseguito obiettivi globali di prevenzione dei rischi, ovvero quella che viene chiamata "la qualità della sicurezza".

Tutti coloro che si occupano di questi problemi sanno che questi obiettivi non possono essere raggiunti in modo semplice e rapido e può quindi essere necessario graduare queste azioni in funzione della gravità e dell'impegno. Tuttavia i quindici anni trascorsi dall'emanazione del d. lgs. 626/94 non lasciano spazio ad incertezze: non è certamente possibile derogare dagli interventi specifici indicati nelle normative, in particolare se essi dovevano già essere attuati da molto tempo in quanto richiesti dalla legislazione antecedente.

Infine l'istituzione di un servizio prevenzione e protezione costituito da persone motivate, formate ed aggiornate correttamente, può agevolare il datore di lavoro negli adempimenti richiesti dalla normativa, tenendo presente che è possibile comunque servirsi di consulenti esterni per integrare le conoscenze aziendali.

Passando ad esaminare gli aspetti pratici, i rischi che il datore di lavoro deve considerare sono per la **sicurezza**:

- le caratteristiche strutturali dei luoghi di lavoro, oltre a quelle microclimatiche e di illuminazione,
- le caratteristiche dei macchinari ed impianti, sia sotto il profilo meccanico che elettrico,
- le modalità di lavoro, fra cui i mezzi di sollevamento dei carichi,
- i ponteggi ed i presidi per attività pericolose,
- quant'altro possa rappresentare un pericolo per i lavoratori presenti;

e per la salute:

- i pericoli derivanti dall'impiego, emanazione e diffusione di agenti chimici (sostanze e prodotti sotto forma di polveri, fumi, gas e vapori dispersi nell'aria dei luoghi di lavoro),
- da agenti fisici (rumori, radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, alte e basse temperature),
- da agenti biologici (microorganismi ed altri agenti che possano provocare infezioni, allergie o intossicazioni).

A queste due grosse categorie si può aggiungere un ulteriore fattore, del quale è più difficile definire i contorni, che è rappresentato dall'organizzazione del lavoro, dagli aspetti sociali, dalle relazioni interpersonali e da tutti quegli altri fattori che possono comportare un aumento dello stress.

Il panorama generale è certamente molto vasto, ma in ogni realtà lavorativa esso si restringerà nella pratica a quelli che sono i fattori di rischio tipici del singolo ambiente, della specifica attività lavorativa e di quella organizzazione del lavoro.

Mentre è evidente, quantomeno dalle statistiche sugli infortuni e sulle malattie professionali, che negli ambienti di lavoro e nelle attività lavorative esistono rischi di danni alla salute dei lavoratori, è forse meno evidente, o poco noto, che queste situazioni comportino, oltre che danni per coloro che le subiscono, anche un notevole danno economico per le aziende nelle quali si verificano. Tenendo conto della frequenza di accadimento del fenomeno (infortunio o malattia professionale), l'azienda subisce a causa di questi fatti un costo globale annuo elevato, nient'affatto compensato da vantaggi produttivi.

Mentre l'infortunio per una determinata causa si ripete statisticamente negli anni, l'investimento preventivo, anche se non fosse compensato da miglioramenti produttivi, viene effettuato una sola volta e porta alla riduzione o eliminazione degli infortuni. E' quindi dimostrabile che il costo di un corretto investimento nella tutela della sicurezza e della salute può avere un rapido ammortamento e portare in prospettiva ad una riduzione dei costi complessivi.

Valutazione dei rischi per la salute nelle operazioni di saldatura

Il profilo tecnologico e di rischio ed i danni per i lavoratori legati alle costruzioni saldate sono trattati in altre relazioni di questa giornata. Cerchiamo di esaminare, invece, come può essere affrontata una valutazione dei rischi, tenendo conto del settore lavorativo oggetto della nostra giornata, ma partendo ovviamente dalle caratteristiche generali imposte dalla legge. Per ragioni di tempo e spazio limiteremo la nostra analisi agli aspetti igienistici ed in particolare ai rischi da agenti chimici e fisici.

A) Rischi da agenti chimici

Richiamando le definizioni fornite dall'art. 72-ter del d. lgs. 626/94, si possono quindi avere quattro situazioni diverse:

- 1) l'agente chimico è automaticamente classificato come pericoloso in base ai punti 1) o 2) della lettera b);
- 2) l'agente chimico è classificabile come pericoloso in quanto può comportare un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori;
- 3) all'agente chimico è stato assegnato un valore limite di esposizione professionale;
- 4) l'agente chimico non è pericoloso.

Restano esclusi gli agenti chimici pericolosi solo per l'ambiente.

Nella prima e nella terza situazione il datore di lavoro non deve effettuare alcuna verifica, in quanto sono le stesse leggi ad indicare se l'agente è pericoloso, nella seconda egli ha bisogno di ulteriori informazioni, la cui natura è varia e che riportiamo di seguito, suddivise per argomento.

<i>Inalazione</i>	<p>la possibilità d'inalazione di un agente chimico è legata alla considerazione che un lavoratore, per il solo fatto di respirare, introduce nel proprio organismo, tramite l'apparato respiratorio, l'aria presente nel punto in cui esercita la sua attività. Se l'aria è contaminata, cioè se l'agente è <i>aerodisperso</i>, potrà introdurre nell'organismo anche le sostanze in essa contenute. La presenza (<i>concentrazione o livello</i>) di agenti chimici nell'aria dipenderà da una serie di fattori che possiamo comunque raggruppare sotto la definizione di <i>capacità di aerodispersione</i>, cioè della capacità che ha il materiale di disperdersi nell'aria e di restare in sospensione nella stessa almeno per il tempo necessario per essere catturato dall'apparato respiratorio. Questa capacità dipende da molti fattori, caratteristici del materiale o dell'ambiente (massa volumica del materiale, stato di aggregazione, temperatura (del materiale e dell'aria, umidità, velocità dell'aria, ecc.). Anche lo stato fisico del materiale ha una forte influenza: in quest'ambito si tratta di verificare se la sua forma (<i>morfologia</i>) o le sue caratteristiche chimico-fisiche gli consentono di essere aerodisperso. Infatti, se da un lato è evidente che un materiale allo stato gassoso ha maggiori possibilità di diffondere nell'aria rispetto ad uno allo stato solido, risulta invece più importante, in termini di aerodispersione, conoscere se il solido è in forma finemente suddivisa (bassa granulometria delle particelle) o la sua durezza è tale da produrre, anche per semplici manipolazioni, una notevole riduzione delle dimensioni delle particelle che lo compongono. Analoghe considerazioni valgono anche per i materiali allo stato liquido: in questo caso il fattore discriminante è la "volatilità" dei suoi componenti, cioè la capacità di passare allo stato gassoso. In questo ambito, la caratteristica più importante è la tensione di vapore del materiale e la temperatura dell'ambiente in cui si opera.</p>
<i>Tossicità</i>	<p>Questo elemento potrebbe sembrare a prima vista il più importante e ciò è strettamente vero dal punto di vista della classificazione del materiale (cioè del "pericolo"), ma non da quello della possibilità di danno alla salute nella realtà lavorativa che viene esaminata (cioè del "rischio"). La tossicità intrinseca di un materiale dipende in primo luogo dai suoi componenti (se non è una sostanza pura): nella maggior parte dei casi le loro caratteristiche tossicologiche sono state studiate su animali. I parametri più frequentemente usati sono le minime dosi tossiche (TDL) o le dosi letali (LD), che forniscono buoni livelli di valutazione. La situazione ideale è avere elementi di valutazione diretta sull'uomo, attraverso studi epidemiologici o eventi accidentali: da questi nascono i <i>valori limite</i> che tratteremo nel seguito.</p>

La valutazione dell'effettiva esposizione a rischio da agenti chimici deriva inoltre dalla conoscenza particolare degli aspetti che caratterizzano il "contatto" del lavoratore con l'agente e delle modalità con cui si svolge, anche in termini temporali, questo contatto.

<i>Trasformazioni</i>	In molte attività produttive un materiale non viene utilizzato tal quale, ma subisce delle trasformazioni per renderlo conforme all'impiego richiesto. Tali trasformazioni possono essere fisiche (macinazione, laminatura, estrusione, sinterizzazione, fusione, ecc.) o chimiche (reazioni), ma in tutti i casi si possono produrre agenti aventi caratteristiche diverse da quelle dell'agente di partenza. Questo aspetto è quindi fondamentale, anzi prioritario, nella valutazione dell'esposizione a rischio. La saldatura è un tipico esempio di trasformazione chimica e fisica del materiale in uso.
<i>Presenza e manipolazione</i>	Le trasformazioni possono essere condotte tramite impianti nei quali il lavoratore agisce solo da controllore, talvolta "a distanza", senza un intervento diretto. In altri casi è richiesta la sua presenza in prossimità della lavorazione o il suo diretto intervento o la manipolazione degli agenti chimici. Nelle due situazioni (ed in tutte le graduazioni fra i due estremi) si hanno livelli di esposizione molto differenti e conseguentemente gradi di rischio diversi.
<i>Durata</i>	Possiamo avere rischi legati ad esposizioni di tipo acuto o protratte nel tempo. Tuttavia, in questo secondo caso, si pone il problema di valutare quelle esposizioni che sono intermittenti, ad esempio, brevi periodi nel corso della giornata o periodi prolungati solo per alcune giornate. In questi casi il parametro di valutazione (valore limite) si presenta di difficile applicazione. Brevi esposizioni giornaliere (anche inferiori ad un'ora) possono comunque essere documentate con accertamenti specifici, mentre brevi esposizioni molto discontinue (nell'arco del mese o dell'anno) appaiono spesso di scarso significato. Resta il fatto che il problema della durata dell'esposizione è un fattore fortemente vincolante nella valutazione del rischio.

A questo punto non possiamo che esaminare il problema del valore limite.

Per la nostra normativa le definizioni generali di "valore limite di esposizione" e di "valore limite biologico" sono quelle indicate alle lettere d) ed e) dell'articolo 72-ter del d. lgs. 626/94, ma questo tema è stato anche ampiamente trattato in ambito scientifico.

Partendo dal concetto che l'esposizione ad agenti chimici (sotto forma di gas, vapori, nebbie, fumi, polveri) **può** comportare il rischio di danno alla salute, occorre, qualora non sia possibile eliminare il rischio, **stabilire la soglia** che garantisca il contenimento del danno per la (quasi) totalità della popolazione lavorativa esposta. Appare subito evidente che questa soglia non esclude una certa probabilità di danno per una quota minima della popolazione lavorativa esposta, ma ricordiamo che la certezza dell'assenza di danno nella totalità della popolazione esposta deriva solo dall'assenza dell'agente di rischio, situazione che spesso non è realizzabile non solo in ambito industriale, ma anche in ambiente di vita. L'elemento di giudizio è unicamente rappresentato dalla relazione dose-risposta e la valutazione è perciò di natura strettamente tossicologica. L'obiettivo della prima fase di questo processo è quindi quello di produrre una stima quantitativa degli effetti sfavorevoli che possono derivare dall'esposizione ad un determinato agente (*risk assessment*) per poi arrivare alla definizione di un limite tossicologico.

La definizione adottata dalla American Conference of Governmental Industrial Hygienists (A.C.G.I.H.) di "valore limite di esposizione giornaliera" recita: *la concentrazione atmosferica di gas, vapori, nebbie, fumi e polveri, alla quale può essere esposta, per un turno lavorativo di 8 ore, per una settimana lavorativa di 40 ore e per tutta la vita lavorativa, la massima parte dei lavoratori*

sani, senza danno alla salute. Sempre secondo A.C.G.I.H., fanno eccezione i casi di reattività e suscettibilità particolari, derivati per esempio da alterazioni genetiche del corredo enzimatico o genericamente da menomazioni funzionali d'organo o sistematiche o da trattamento con medicinali interferenti. La concentrazione degli agenti nocivi nell'atmosfera degli ambienti di lavoro non solo non deve superare i limiti adottati ma, per la definizione stessa di "rischio", deve essere mantenuta a livello più basso possibile ogni qualvolta nella pratica, innovazioni tecnologiche possono consentirlo.

Si è inoltre ritenuto necessario stabilire anche valori limite per brevi esposizioni, che sono definiti dal BIT (Bureau International du Travail) come *la concentrazione più elevata a cui i lavoratori possono essere esposti per 15 minuti senza andare incontro ad una irritazione intollerabile, a danni cronici o irreversibili dei tessuti, ad una narcosi di grado sufficiente per comportare un rischio di infortunio, ad una diminuzione delle loro capacità di salvarsi in caso di necessità, ad una riduzione della loro efficienza al lavoro a condizione che essi non siano esposti per più di un numero di volte definito nel corso della giornata e senza un intervallo di tempo minimo definito fra esposizioni successive e a condizione che l'esposizione giornaliera media non superi il limite medio ponderato.*

I valori limite si riferiscono solo all'introduzione per via inalatoria. La misura della concentrazione atmosferica non è sufficiente per valutare l'esposizione complessiva se l'agente chimico può essere assorbito anche attraverso la cute. Considerazioni analoghe si applicano all'eventuale introduzione per via digestiva (generalmente indebita in ambito occupazionale). Appare quindi necessario controllare l'assorbimento complessivo dell'agente di rischio, ad esempio tramite la determinazione delle concentrazioni in liquidi biologici, soprattutto sangue ed urine, ove ciò sia possibile. In questi casi è necessario stabilire valori limite biologici per valutare il rischio.

Logicamente l'attenzione deve essere tanto più vigile quanto più le concentrazioni ambientali sono prossime ai valori fissati. L'indice di rischio R, definito come rapporto fra la concentrazione rilevata ed il valore limite di soglia, ci può aiutare nella valutazione del margine di confidenza con cui si deve affrontare il problema. Nel caso che si verifichi un'esposizione a più agenti di rischio si dovrà esaminare anche la possibilità di eventuali effetti cumulativi o sinergici.

Come si può comprendere da quanto esposto, il problema dei valori limite è vario ed articolato e necessita di valutazioni non superficiali: per questo motivo la stessa A.C.G.I.H. afferma che essi "non debbono essere utilizzati da persona non esperta nell'Igiene Industriale".

Il discorso condotto fino ad ora ha evidenziato che gli elementi di base ed i principi teorici per la valutazione del rischio ad agenti chimici sono molteplici e complessi: come potrà districarsi il datore di lavoro in questa tematica complessa, pur tenendo conto di una buona formazione culturale del servizio prevenzione e protezione?

Il supporto fondamentale deriva dalle schede di sicurezza che rappresentano il più

importante elemento di conoscenza che deve essere direttamente a disposizione del datore di lavoro per ricavare buona parte dei dati che gli sono necessari.

La recente normativa nazionale in merito alle modalità di stesura della "scheda informativa in materia di sicurezza" è contenuta nel decreto ministeriale 07/09/2002 ("*Recepimento della direttiva 2001/58/CE riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio.*") e quindi nel decreto legislativo 14 marzo 2003, n. 65 ("*Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi*"), che disciplina in modo uniforme l'argomento all'articolo 13, al quale si rimanda, senza trascurare gli aspetti sanzionatori che hanno la loro rilevanza.

La scheda di sicurezza è implicitamente richiamata dal d. lgs. 626/94 (così come modificato dal d. lgs. 25/02), che all'articolo 72-quater, comma 4, recita:

"Fermo restando quanto previsto dai decreti legislativi 3 febbraio 1997, n. 52, e 16 luglio 1998, n. 285, e successive modifiche, il fornitore o il produttore di agenti chimici pericolosi è tenuto a fornire al datore di lavoro acquirente tutte le ulteriori informazioni necessarie per la completa valutazione del rischio."

In realtà questi obblighi sono stati talora disattesi dai fornitori o produttori; in particolare, le schede di sicurezza appaiono talvolta incomplete o non aggiornate delle schede.

L'entrata in vigore il 01/06/2007 del Regolamento comunitario REACH (**R**egistration **E**valuation and **A**uthorisation of **C**hemicals darà un nuovo e maggior valore alla scheda di sicurezza ed ai rapporti fornitore-utilizzatore: il responsabile dell'immissione sul mercato di una sostanza deve valutare e notificare tutti i rischi per la salute e per l'ambiente legati ai diversi tipi di impiego della sostanza stessa e l'utilizzatore a valle, nel caso che l'impiego che lui fa della sostanza non sia stato previsto dal fabbricante, può chiedere di integrare gli studi ed ampliare la notifica. Questo evento avrà due risvolti: da un lato l'utilizzatore potrebbe avere una valutazione del rischio già pronta, ma dall'altro sarà obbligato ad applicare le migliori tecnologie disponibili che saranno certamente suggerite dal fabbricante.

A questo punto la valutazione dei rischi da agenti chimici, in applicazione dell'art. 4 del decreto legislativo 626/94, deve fluire in modo semplice. Gli elementi da considerare sono quelli espressi dall'art. 72 quater dello stesso decreto: fra loro possiamo sottolineare l'importanza di prendere in considerazione¹:

¹ Nell'ambito del procedimento di valutazione dei rischi, il datore di lavoro è tenuto a considerare anche i rischi per la sicurezza, richiamati dall'articolo 72-septies del d. lgs. 626/94. Tuttavia questi fanno riferimento all'applicazione degli articoli 12 e 13 del decreto stesso e del d. m. 10/03/98: ciò comporta la predisposizione di procedure di intervento adeguate da attivare al verificarsi di eventi, quali incidenti o di emergenze, derivanti dalla presenza di agenti chimici pericolosi sul luogo di lavoro e la disponibilità di appropriate procedure di primo soccorso.

- il livello, il tipo e la durata dell'esposizione, la quantità di tali agenti e le circostanze in cui viene svolto il lavoro in presenza degli stessi;
- i valori limite di esposizione professionale o i valori limite biologici;
- gli effetti delle misure preventive e protettive adottate o da adottare;
- le conclusioni tratte da eventuali azioni di sorveglianza sanitaria già intraprese;
- le attività per le quali è prevedibile la possibilità di notevole esposizione o che, per altri motivi, possono provocare effetti nocivi per la salute e la sicurezza, anche dopo che sono state adottate tutte le misure tecniche;
- il rischio derivante dall'esposizione combinata a più agenti chimici pericolosi.

Per contro il datore di lavoro può non procedere ad una valutazione maggiormente dettagliata dei rischi connessi con gli agenti chimici pericolosi, giustificando la decisione in relazione alla natura ed all'entità dei rischi: ciò fa comprendere che si debba porre in essere un approccio di base (*stima*) a seguito del cui esito decidere se proseguire o meno nella valutazione dettagliata (*analitica*).

Anche a proposito di quest'ultima non sono definite le metodologie comportamentali, ma l'allegato VIII-sexies elenca alcune norme tecniche, alle quali si deve fare riferimento per l'approccio metodologico (convenzioni sulla penetrazione delle particelle nelle vie respiratorie, standardizzazione delle apparecchiature di campionamento, ecc.), ma anche strategico (quanti campionamenti fare, quando ripetere il monitoraggio, ecc.).

Nelle operazioni di saldatura le procedure valutative sono per nulla diverse: si dovrà soprattutto considerare che gli agenti chimici da valutare non sono unicamente i materiali da utilizzare, ma i fumi che vengono prodotti, costituiti da materiale particellato e da composti gassosi originati dalle trasformazioni chimiche che subiscono le molecole dell'aria e dei materiali impiegati.

A seconda della tecnologia utilizzata e dei materiali lavorati, i fumi prodotti dalla saldatura possono variare la loro composizione e pertanto presentare rischi diversi. Benché attualmente le manifestazioni di danno (acute o croniche) siano molto rare, è opportuno che esse siano tenute nella giusta considerazione perché la quantità di sostanza inalata spesso non è affatto trascurabile, al punto da poter essere dosata nel sangue o nelle urine a livelli decisamente superiori a quelli della popolazione generale.

L'attività di normazione tecnica in ambito europeo è molto sviluppata, soprattutto dal 1980: sono state emanate o sono in corso di emanazione una serie di norme EN sull'argomento, suddivise in due rami: la determinazione dei fumi di saldatura nella zona respiratoria del lavoratore (EN 10882 - parti 1, 2, 3, 4) e la determinazione di laboratorio dei fumi generati dalle operazioni di saldatura (EN 15011 - parti 1, 2, 3). Per quanto riguarda quest'ultimo gruppo, tali determinazioni porteranno ad una classificazione delle tecniche e dei materiali d'apporto correlata alla quantità e

pericolosità dei fumi generati, con l'obbligo di applicare un livello minimo di ventilazione localizzata nelle immediate vicinanze della saldatura.

Connessa a questo aspetto è la prossima emanazione di norme (EN 15012) sui requisiti e sulla classificazione degli impianti di aspirazione dei fumi di saldatura, anche nei riguardi della protezione ambientale.

Dal quadro appena definito appare evidente che risultano coinvolti tutti i soggetti interessati ai procedimenti di saldatura, sia i datori di lavoro, sia i fornitori di materiali che quelli degli impianti preventivi.

Il datore di lavoro dovrà quindi comportarsi in modo adeguato nel valutare, ma anche nel porre in essere le misure di prevenzione e protezione, perché un fatto è certo: nelle lavorazioni di saldature devono essere adottate misure di tutela adeguate.

B) Rischi da agenti fisici

Questa tipologia di rischi non è più facile da affrontare rispetto alla precedente, ma trova più concrete linee comportamentali nella legislazione vigente, lasciando quindi al datore di lavoro minori incertezze (ma anche limitati gradi di libertà). Ciò è dovuto al fatto che ciascun agente a una sua trattazione ben definita nel tessuto normativo, addirittura ha preceduto il 626 nel caso del rumore.

Non entreremo quindi nel merito specifico, salvo per alcuni aspetti metodologici.

B1) Rumore: il riferimento attualmente vigente è il d.lgs. 195/06 (che ha inserito il Titolo V-bis nel d.lgs. 626/94). La misurazione deve consentire l'elaborazione del segnale acustico prodotto dal fenomeno fisico in modo tale da riprodurre, quanto più fedelmente possibile, il suo impatto sull'organo dell'udito del lavoratore. In pratica si devono eseguire misurazioni con filtro di ponderazione A ed in prossimità dell'orecchio del lavoratore. I dati ottenuti devono consentire di determinare il *Livello acustico equivalente* ($L_{Aeq,T}$), che rappresenta il livello globale della pressione acustica ponderata A di un rumore continuo che darebbe la stessa energia acustica del rumore a carattere fluttuante, tipico dell'esposizione professionale. Il livello acustico equivalente è un primo importante descrittore dell'esposizione a rumore, ma l'indicatore che stabilisce il rischio è il "livello di esposizione giornaliera al rumore" ($L_{EX,8h}$), che è definito dal Titolo V-bis come il *valore medio, ponderato in funzione del tempo, dei livelli di esposizione al rumore per una giornata lavorativa nominale di otto ore, definito dalla norma internazionale ISO 1999: 1990 punto 3.6. Si riferisce a tutti i rumori sul lavoro, incluso il rumore impulsivo.*

Un riferimento generale per la strategia di misurazione può essere la Norma UNI 9432 (non esplicitamente richiamata dal decreto), che identifica tre possibili situazioni. Se il rumore è variabile per tutto il tempo di esposizione, il tempo di misurazione non può essere inferiore a quello dell'effettiva esposizione. Se durante le lavorazioni si possono identificare intervalli di tempo, T_p , con rumorosità omogenea, si potranno misurare i livelli equivalenti per intervalli di tempo $T_m < T_p$,

tali da consentire la stabilizzazione del dato; il livello di esposizione giornaliero può essere quindi calcolato con la media dei singoli livelli equivalenti per i rispettivi tempi di esposizione, rispetto al tempo totale di esposizione.

Nella valutazione del rischio il Titolo V-bis considera anche la pressione acustica di picco (p_{peak}), definita come è *il valore massimo della pressione acustica istantanea ponderata in frequenza «C»*.

Il datore di lavoro tiene conto dell'attenuazione prodotta dai dispositivi di protezione individuale dell'udito indossati dal lavoratore solo ai fini di valutare il rispetto dei valori limite di esposizione.

La determinazione dei $L_{EX,8h}$ può essere tutt'altro che semplice: se l'attività del lavoratore non è legata ad un ciclo lavorativo ben definito e sempre uguale (caso, ad esempio, dei manutentori, dei falegnami, dei lavoratori dell'edilizia o in generale della cantieristica), non sarà facile o possibile trovare giornate (o settimane) di lavoro *standard*. Il fatto che le prescrizioni di legge siano legate più a *fasce di rischio* che non allo specifico $L_{EX,8h}$, può essere di aiuto nella valutazione, ma diventa arduo ottenere quella precisione di determinazione che sembra essere il principio ispiratore delle legge stessa.

Nelle operazioni di saldatura la generazione del rumore è riconducibile:

- alla combustione della miscela gassosa emessa ad alta pressione dal cannello nella saldatura a fiamma ossiacetilenica;
- allo scoccare dell'arco elettrico per le altre tipologie (saldatura elettrica);
- alla fuoriuscita del plasma dall'ugello, che produce un caratteristico sibilo, nelle operazioni di saldatura al plasma.

Più elevate possono essere le esposizioni derivanti dalle operazioni successive alla saldatura quali scriccatura, molatura, smerigliatura ecc. I dati desunti dalle indagini fonometriche suggeriscono che tra le tecniche tradizionali la saldatura a filo continuo presenta valori di emissione sonora più elevati rispetto alle altre. In ogni caso l'esposizione giornaliera del saldatore non dovrebbe superare gli 85 dB(A), tenuto conto che la durata dell'esposizione ad *arco acceso* rappresenta una parte limitata dell'intera giornata. In realtà la valutazione è spesso complicata dalle lavorazioni accessorie o quelle eseguite da altri lavoratori: tutto ciò comporta la necessità, in adesione alla richiesta della legge di seguire corrette pratiche di monitoraggio, di eseguire le misurazioni per tempi molto lunghi, ma spesso la valutazione accurata può essere eseguita solo sotto un'ampia base statistica.

B2) Radiazioni non ionizzanti: nel campo delle radiazioni ottiche il Parlamento Europeo ed il Consiglio CE ha emanato una direttiva il 27/04/2006 (n. 2006/25/CE) sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (radiazioni ottiche artificiali) (diciannovesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della direttiva 89/391/CEE). Essa sarà recepita in Italia entro due anni e presenta un'ampia gamma di valori limite in relazione alla regione spettrale interessata: richiederà certamente l'adozione di strumenti di misura sofisticati e le rilevazioni dovranno essere eseguite in prossimità dei bersagli lesionabili (diverse parti della superficie cutanea esposta ed occhi). In alcuni casi sarebbe però possibile escludere un rischio significativo anche sulla base di calcoli teorici, ma è

necessario attendere il decreto di recepimento, prima di azzardare ipotesi.

Anche nel settore dei campi elettromagnetici l'Italia non ha ancora recepito la Direttiva 29/04/2004 n. 40 (n. 2004/40/CE) che detta le prescrizioni minime di protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza che possono derivare dall'esposizione ai campi elettromagnetici da 0 Hz a 300 GHz. Tralasciando tutte le disposizioni particolari (per le quali è opportuno attendere il testo di legge) diciamo solo che, come per il rumore e le vibrazioni, sono previsti valori limite di esposizione e valori di azione.

Tuttavia si può affermare che tutti questi aspetti richiedono più che la valutazione del rischio, un'azione capillare di dotazione ed impiego di presidi preventivi e protettivi.

B3) Microclima: questo fattore di rischio non è regolamentato in modo specifico, ma in termini molto generali. Esistono tuttavia molte norme tecniche che prevedono indici di valutazione del rischio. Gli ambienti moderati sono caratterizzati innanzitutto dal fatto che impongono un moderato grado di intervento alla termoregolazione corporea e che vi risulta facilmente realizzata la condizione di omeotermia del soggetto (equilibrio termico tra corpo e ambiente). Gli ambienti caldi sono caratterizzati da un notevole intervento del sistema di termoregolazione umano al fine di diminuire l'accumulo di calore nel corpo. I parametri da considerare in questi casi sono:

- valori elevati di temperatura in relazione alle caratteristiche dell'attività svolta e del vestiario indossato dagli operatori;
- possibili alti valori di umidità relativa dell'aria che rende difficoltoso il mantenimento dell'omeotermia;
- variabilità dei parametri termoigrometrici da postazione a postazione di lavoro;
- disuniformità del livello di impegno fisico richiesto e del vestiario indossato dagli operatori.

In generale, l'attività di saldatura causa un apporto termico moderato, più rilevante nel caso dell'uso di fiamma ossiacetilenica. Nella stagione calda, gli aspetti più problematici sono costituiti dall'ambiente e dai materiali di lavoro (ad es. lamiere esposte al sole) e dalla necessità di indossare indumenti protettivi, sempre molto pesanti. L'esecuzione di lavorazioni su strutture metalliche preriscaldate può comportare un sovraccarico calorico, che ovviamente si aggrava nella stagione estiva.

Un altro aspetto critico è rappresentato dall'attività svolta all'aperto e pertanto dall'esposizione a condizioni meteorologiche sfavorevoli, ma anche variabili nel corso della giornata.

Come nella maggior parte delle attività, risulta invece molto più facile combattere il freddo.

Misure preventive correlate alle principali tecniche di saldatura

La composizione e la tossicità dei fumi è direttamente dipendente dalla tecnica e dai materiali impiegati: esamineremo quindi le tecniche più importanti per evidenziare le caratteristiche dei fumi prodotti. In questo ambito è opportuno ricordare che l'International Institute of Welding ha emanato una serie di "Fogli informativi", nei quali sono riportate le misure preventive suggerite per le diverse tecniche.

Nelle lavorazioni con fiamma ossiacetilenica (saldatura autogena o eterogena, taglio a fiamma) non si raggiungono altissime temperature, per cui il metallo fonde localmente senza produrre consistenti quantità di vapori: da ciò deriva che con questa tecnica non si producono grosse quantità di particelle. Tuttavia la fiamma può produrre alte concentrazioni di ossidi di azoto, fra i quali anche il biossido. Le concentrazioni degli inquinanti (e pertanto la pericolosità di queste lavorazioni) sono legate alla tecnica applicata, alle dimensioni del locale di lavoro ed alle caratteristiche del sistema di evacuazione dei fumi. Alcune di queste lavorazioni, in particolare il taglio di lamiere in fase di prefabbricazione, può essere effettuato con sistemi automatici che consentono l'allontanamento del lavoratore dalla zona di lavorazione e quindi una ridotta esposizione all'inalazione dei fumi. Al contrario le lavorazioni eseguite in locali confinati di piccole dimensioni presentano difficoltà di un proficuo ricambio d'aria. Gli interventi preventivi sono quindi abbastanza semplici, anche se non sempre facili da adottare: essi risultano sicuramente necessari in caso di attività manuale continuativa.

Le lavorazioni ad arco elettrico, al contrario delle precedenti, coinvolgono temperature localmente molto elevate che producono l'istantanea fusione del metallo di apporto o delle superfici da saldare con sviluppo di vapori metallici. L'entità della produzione di particelle è legata alla tecnica impiegata, alle caratteristiche chimico-fisiche del metallo o della lega ed alla temperatura dell'arco. Quest'ultima influenza anche la composizione qualitativa del particolato con produzione di composti a diversa tossicità. Lo scoccare dell'arco produce altresì radiazioni ultraviolette ad alta energia che sono in grado di provocare la formazione di composti gassosi tossici, fra i quali si annoverano il biossido di azoto e l'ozono.

La tecnica più diffusa, soprattutto nelle officine in cui si effettuano piccoli lavori, spesso diversificati fra loro (manutenzione, riparazione, produzioni su piccola scala), è la saldatura con elettrodo rivestito. La composizione dei fumi dipende da quella del metallo d'apporto e da quella del rivestimento dell'elettrodo. I rivestimenti attualmente più usati sono quelli di tipo rutilico (a base di biossido di titanio, composto refrattario relativamente nocivo) o basico (contenenti fluoruri, che si possono ritrovare nei fumi in concentrazioni elevate). La quantità di fumi sviluppati dipende dalla composizione e dimensione dell'elettrodo, dal suo eventuale preriscaldamento e dalla corrente applicata. Si riscontrano spesso differenze anche molto elevate di esposizione fra operatori diversi: l'esperienza e le modalità di lavoro rappresentano infatti fattori tutt'altro che trascurabili nella produzione dei fumi. E' comunque possibile stimare, per ogni tipo di elettrodo, la quantità di fumi che si possono sviluppare dal consumo dell'elettrodo stesso: questa quantità è dell'ordine di grandezza del grammo. Sotto il profilo delle misure preventive si rimanda ai già citati fogli di informazione, ma si può sottolineare che solo in alcune lavorazioni (piccole saldature di breve durata, lavorazioni all'aperto non in posizione prona sulla saldatura e soprattutto solo su acciai non legati) si può ritenere non strettamente necessaria una captazione localizzata dei fumi. L'uso di captatori con filtrazione e reimmissione dell'aria all'interno dell'ambiente di lavoro può essere consentita. In questo caso si deve tener conto della necessità di disporre di un sistema filtrante ad alta efficienza e della sua costante manutenzione. Nella pratica il loro impiego è conveniente per

lavorazioni saltuarie o nell'impossibilità di strutturare un adeguato impianto centralizzato. L'ampiezza e la ventilazione dell'ambiente di lavoro sono comunque fattori da tenere in massima considerazione.

Le saldature con elettrodo non rivestito, a protezione gassosa richiedono temperature ancora più elevate. Si può quindi avere l'emissione di radiazioni ultraviolette a minore lunghezza d'onda, che possono incrementare la produzione di ozono e di biossido di azoto. Sotto il profilo del particolato invece, a fronte di una temperatura più elevata e quindi del possibile incremento di vapori metallici, si verifica una fusione più circoscritta e l'assenza del rivestimento comporta una minor produzione di particelle. Questo risultato può essere constatato efficacemente con prove di laboratorio: a parità di lunghezza di saldatura eseguita, o di peso di metallo di apporto consumato, o di tempo impiegato nella lavorazione, la quantità totale emessa di particolato è in generale minore in questi tipi di saldatura (detti anche "a filo continuo") rispetto a quelli con elettrodi rivestiti. Tuttavia è necessario tener conto del possibile incremento della concentrazione dei gas irritanti e delle maggiori difficoltà che si hanno nella captazione localizzata dei fumi, a causa della necessità di evitare l'asportazione del gas flussante e di seguire il procedere della lavorazione. Bisogna pertanto ricercare il giusto equilibrio fra i vari fattori: risultati produttivi, minor rischio, affaticamento. Si deve però anche ricordare che queste tecniche consentono applicazioni automatizzate che non sono facilmente realizzabili con gli elettrodi rivestiti. Le saldature a filo continuo sono eseguite spesso su leghe speciali, ad esempio ad alto tenore di cromo, o di nichel, o di alluminio: mentre per il cromo ed il nichel bisogna tener presente la maggiore pericolosità per la salute del materiale particolato rispetto a quello degli acciai non legati, per l'alluminio si sviluppano quantità elevate di biossido di azoto ed ozono.

Sulla stessa linea si pongono le saldature TIG, nelle quali in pratica non si ha consumo dell'elettrodo (evitando comunque l'uso di elettrodi contenenti torio), con relativa diminuzione della quantità di fumi prodotti. Al contrario si può avere un ulteriore incremento dei gas sopra citati. Possono risultare particolarmente elevate, rispetto alla loro pericolosità, le concentrazioni di cromo, nichel ed ozono nella saldatura su alcuni acciai speciali.

Per queste tecniche, valgono le considerazioni già espresse per gli elettrodi rivestiti per quanto riguarda le misure preventive da adottare.

Le saldature con elettrodo non rivestito, ma protezione solida, si possono dividere in due gruppi: saldature ad arco sommerso e saldature con elettrodo animato. Le prime vengono attualmente eseguite solo in modo automatizzato ed il materiale di protezione, che fluisce contestualmente al filo di saldatura, è costituito da granuli di composizione variabile, ma contenenti sempre silicati che formano sulla saldatura una scoria vetrosa protettiva. L'arco non è visibile in quanto sommerso dal flusso solido ed i fumi sviluppati attraversano solo in minima parte la massa vetrificata: pertanto si verifica la quasi totale assenza di composti gassosi nocivi nella zona respiratoria dell'addetto. Un aspetto da indagare è rappresentato dalla presenza nel materiale granulare di metalli volatili, quali il piombo, che possono svilupparsi in concentrazioni apprezzabili,

anche se raramente rilevanti dal punto di vista tossicologico. Nel caso degli elettrodi animati siamo in presenza di una situazione simile a quella degli elettrodi rivestiti, ma si sviluppa una quantità inferiore di fumi.

Nelle saldature a resistenza le superfici interessate sono in genere di area limitata e comunque interessano particolari di basso spessore. La quantità di metallo che può passare allo stato di vapore è quindi molto bassa, da cui risultano concentrazioni di particolato non elevate e trascurabili concentrazioni di gas nocivi. A volte queste saldature vengono eseguite su particolari ricoperti di oli o di altre sostanze protettive: in questi casi deve esser posta una particolare attenzione agli eventuali prodotti di degradazione che si possono sviluppare dalle suddette sostanze e che potrebbero avere una specifica tossicità.

Organizzazione del lavoro e procedure

Accanto alle misure di carattere tecnico (selezione delle tecniche adeguate al contenimento del rischio e dei prodotti meno pericolosi, compatibilmente con l'attività da svolgere) assume particolare importanza anche l'individuazione dell'organizzazione del lavoro che consente di ridurre i rischi.

E' evidente che sotto questo profilo non si possono fornire indicazioni valide per tutte le tipologie produttive e che in ogni stabilimento, officina, cantiere deve essere studiata l'organizzazione più idonea e che meglio corrisponde allo svolgimento della specifica attività con le migliori cautele nei riguardi dei diversi agenti di rischio. Anzi, a volte, l'organizzazione del lavoro deve essere variata in relazione al mutare della produzione.

Lo studio di una organizzazione del lavoro richiede inoltre l'emanazione di procedure e la sorveglianza sulla loro reale applicazione. D'altra parte oltre al datore di lavoro la legge coinvolge anche progettisti, dirigenti, preposti, lavoratori ed appaltatori, ognuno con i propri obblighi.

E' ancora da ricordare, in conclusione, che a tutto il personale dipendente deve essere fornita una adeguata informazione, formazione ed addestramento sui rischi, sugli obblighi, sulle attività svolte, sulle procedure operative e sulle misure preventive adottate dall'azienda a tutela della loro incolumità.

La formazione di una cultura della sicurezza e dell'igiene nei vari settori aziendali rappresenta certamente il punto di partenza per espletare una azione preventiva. In una prima fase l'azione preventiva comporta indubbiamente una serie di disagi e difficoltà applicative, legate proprio alla mancanza di una conoscenza approfondita dei vari aspetti del problema. Tuttavia, in ultima analisi essa determinerà certamente un vantaggio sia per il datore di lavoro sia per i lavoratori, vantaggio che si ripercuoterà anche sulla qualità del lavoro e della produzione.

Indubbiamente l'applicazione completa e corretta della normativa non è di facile realizzazione in un settore spesso complesso come quello della costruzione saldata. Tuttavia il

fatto di creare una sensibilità al problema e diffondere la conoscenza delle modalità per affrontarlo può agevolare il raggiungimento dell'obiettivo. E' importante che la realizzazione del sistema sia portata avanti in modo omogeneo, nella grande come nella piccola realtà, stimolando la prima ed aiutando la seconda ad avere i mezzi necessari, ma ciò che vuole la legge è che si crei una risposta uniforme da tutto il tessuto lavorativo.

Bibliografia essenziale

- A. D. Bonsignore, F. Ottenga - Medicina del lavoro - ECIG, 2006
- Coordinamento Tecnico per la Sicurezza nei luoghi di lavoro delle Regioni e delle Province autonome - Linee Guida "Protezione da agenti chimici"
- Coordinamento delle Regioni e Province autonome - Rapporto conclusivo del progetto di monitoraggio e controllo dell'applicazione del DLgs 626/94 - 2003
- DG V CEE - Linee guida CEE per effettuare la valutazione dei rischi: orientamenti CEE riguardo alla valutazione dei rischi sul lavoro.rapporto
- International Institute of Welding - Fume Information Sheets for Welders - Riv. Ital. Saldatura, Part 1 1989, XLI, 577-586, Parts 2 and 3, 1990, XLII, 603-613.
- T. Valente, A. D. Bonsignore - La valutazione del rischio nell'esposizione a fumi di saldatura. - Atti 56° Congresso Naz. S.I.M.L.I.I. (Venezia, 20-23/10/93), Vol. II, 1993, 721-724, ed. SGE, Padova.
- T. Valente - Decreto Legislativo 626/94: criteri per la valutazione dei rischi. - Riv. Ital. Saldatura, 1995, XLVII, 537-540.

