

ACIDO SOLFIDRICO (H₂S) IN AMBIENTI CONFINATI: UN RISCHIO SPESSO SOTTOVALUTATO

F. BENEDETTI*, L. FRUSTERI*, A. BALLETTA**

1. Introduzione

Per *spazi confinati* si intendono generalmente aree di lavoro non destinate allo stazionamento fisso di lavoratori, con aperture per l'entrata e l'uscita limitate e di difficile utilizzo, con condizioni di ventilazione sfavorevole, in cui può verificarsi un evento incidentale importante, che può portare ad un infortunio grave o mortale, in presenza di agenti chimici pericolosi (ad esempio, gas, vapori, polveri) o in carenza di ossigeno. Gli spazi confinati sono facilmente identificabili proprio per la presenza di aperture di dimensioni ridotte, come nel caso di: *serbatoi, silos, recipienti adibiti a reattori; sistemi di drenaggio chiusi; reti fognarie*. Altri tipi di spazi confinati, non altrettanto facili da identificare ma ugualmente pericolosi, potrebbero essere: *cisterne, vasche, camere di combustione all'interno di forni, tubazioni, ambienti con ventilazione insufficiente o assente*. Va inoltre sottolineato che alcuni ambienti possono comportarsi da spazi confinati durante lo svolgimento delle attività lavorative cui sono adibiti o durante la loro costruzione, fabbricazione o successiva modifica. L'elevata incidenza di infortuni negli spazi confinati denota talvolta un frequente disattendere le norme di prevenzione e, spesso, una incompleta conoscenza dell'effettivo rischio da agenti definiti genericamente nell'articolo 66 del D.Lgs. 81/2008¹, "gas deleteri". Trattasi in pratica di gas letali e spesso mortali tra cui uno dei più temibili e dei più presenti negli ambienti confinati è sicuramente l'idrogeno solforato (H₂S) che, ad elevate concentrazioni (700-1000 ppm), causa la morte in tempi brevissimi, spesso solo pochi minuti.

* INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione.

** Specialista in Medicina del Lavoro.

1 Art. 66. D.Lgs. 81/2008 Lavori in ambienti sospetti di inquinamento: È vietato consentire l'accesso dei lavoratori in pozzi neri, fognie, camini, fosse, gallerie e in generale in ambienti e recipienti, condutture, caldaie e simili, ove sia possibile il rilascio di gas deleteri, senza che sia stata previamente accertata l'assenza di pericolo per la vita e l'integrità fisica dei lavoratori medesimi, ovvero senza previo risanamento dell'atmosfera mediante ventilazione o altri mezzi idonei. Quando possa esservi dubbio sulla pericolosità dell'atmosfera, i lavoratori devono essere legati con cintura di sicurezza, vigilati per tutta la durata del lavoro e, ove occorra, forniti di apparecchi di protezione. L'apertura di accesso a detti luoghi deve avere dimensioni tali da poter consentire l'agevole recupero di un lavoratore privo di sensi.

In caso di infortunio da H₂S si verifica spesso una dinamica tipica di evento mortale, definita nella letteratura americana *like a stroke of lightning*: il primo lavoratore che accede nel luogo confinato e inquinato perde conoscenza, gli altri colleghi intervengono tempestivamente in suo soccorso e senza precauzioni, rimanendo anch'essi mortalmente intossicati.

Sebbene la presenza dell'idrogeno solforato sia segnalata in una moltitudine di ambienti di lavoro, le ricostruzioni degli eventi sono sommarie e non riportano la precisa indicazione della tipologia del gas in causa. Viene limitata perciò la corretta analisi epidemiologica in riferimento alla specificità del gas e, di conseguenza, l'individuazione delle più idonee misure di prevenzione. Invece, sono numerosi gli infortuni mortali avvenuti nell'ultimo decennio in spazi confinati, per i quali la tipicità dei luoghi e delle dinamiche fanno presupporre che il numero di intossicazioni gravi o mortali attribuibili all'H₂S sia sottostimato.

In considerazione di quanto sopra, nel presente lavoro viene focalizzata l'attenzione sull'acido solfidrico, specificamente individuato o fortemente sospettato per molti degli eventi infortunistici in ambienti confinati occorsi anche in tempi recenti (2008- 2011). L'intento è un tentativo di approfondimento, anche di tipo epidemiologico, avvalendoci dei dati e della metodologia degli altri Paesi, prevalentemente USA, ove sono state condotte indagini approfondite, oggetto di numerose pubblicazioni.

2. L'acido solfidrico e gli effetti sulla salute

L'acido solfidrico (o idrogeno solforato, nome IUPAC solfuro di diidrogeno) è un gas incolore a temperatura ambiente, contraddistinto dal caratteristico odore di uova marce. La sua formula chimica è H₂S e il suo numero CAS è 7783-06-4.

La degradazione anaerobica della materia organica contenente zolfo produce acido solfidrico. In natura, l'acido solfidrico si forma come conseguenza delle attività vulcaniche, incluse le sorgenti termali, e per la decomposizione delle proteine contenenti zolfo da parte di microorganismi solfo-riduttori (ad esempio *Desulfovibrio desulfuricans*), a spese dei composti solforati già presenti nelle acque e/o nei tensioattivi, e si trova perciò nei gas di palude, nel petrolio greggio e nei gas combustibili naturali.

In ambito professionale, l'esposizione all'acido solfidrico è frequente nella lavorazione e nel deposito di gas ed oli naturali o nelle altre lavorazioni dove tale composto è presente; è utilizzato come disinfestante in agricoltura, come reagente chimico o come prodotto intermedio delle reazioni chimiche nell'industria della carta, nelle concerie, nella petrolchimica e nelle raffinerie.

Di seguito sono riportate le caratteristiche di pericolo e i consigli di prudenza relativi all'H₂S.



Fig. 1: Pittogrammi riportanti i simboli di pericolo relativi all'H₂S.

Tabella 1

Fraasi di pericolo e consigli di prudenza.

Fraasi di pericolo

- H220 - Gas altamente infiammabile
 H280 - Contiene gas sotto pressione; può esplodere se riscaldato
 H330 - Letale se inalato
 H400 - Molto tossico per gli organismi acquatici

Consigli di prudenza - Prevenzione

- P210 - Tenere lontano da fonti di calore / scintille / fiamme libere / superfici riscaldate. Non fumare
 P260 - Non respirare la polvere / i fumi / i gas / la nebbia / i vapori / gli aerosol
 P273 - Non disperdere nell'ambiente

Consigli di prudenza - Reazione

- P304 - In caso di inalazione + P340 - Trasportare l'infortunato all'aria aperta e mantenerlo a riposo in posizione che favorisca la respirazione. P315 - Consultare immediatamente un medico.

Consigli di prudenza - Conservazione

- P403 - Conservare in luogo ben ventilato
 P405 - Conservare sotto chiave
 P377 - In caso d'incendio dovuto a perdita di gas, non estinguere a meno che non sia possibile bloccare la perdita senza pericolo
 P381 - Eliminare ogni fonte di accensione se non c'è pericolo
-

Nell'aria l'H₂S si rileva normalmente in concentrazioni di 0,15-0,46 µg/m³ per le sorgenti naturali e di 1 µg/m³ nell'ambiente urbano (1 ppm = 1,40 mg/m³): le vie di esposizione all'acido solfidrico per l'uomo sono fondamentalmente la via respiratoria o l'ingestione.

A concentrazioni elevate, l'acido solfidrico è un gas tossico ed asfissiante. I principali effetti sulla salute sono a carico dell'apparato respiratorio con irritazione della mucosa nasale e degli occhi, tosse, attacchi asmatici, dispnea, insufficienza respiratoria e morte. Si riscontrano anche effetti extrarespiratori con disturbi cardiocircolatori, nervosi e mentali fino al coma. La soglia olfattiva media è 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ma a concentrazioni molto più alte la percezione dell'odore tende a svanire per esaurimento funzionale dei recettori per cui l'olfatto non rappresenta un efficace sistema di allerta.

I valori limite di esposizione dell' H_2S riportati dall'ACGIH sono: TLV-TWA 14 mg/m^3 e TLV-STEL 20 mg/m^3 ; trattasi di valori per i quali è in corso una proposta di modifica.

I principali effetti dell' H_2S , a fronte di varie concentrazioni in aria, sono descritti nella tabella 2.

Tabella 2

Effetti sulla salute dell'esposizione per via respiratoria all'acido solfidrico a diverse concentrazioni.

| EFFETTI DELL' H_2S | CONCENTRAZIONE |
|---------------------------------------|----------------|
| Soglia dell'attivazione dell'odorato | 0.05 ppm |
| Odore offensivo | 3 ppm |
| Soglia dei danni alla vista | 50 ppm |
| Paralisi olfattoria | 100 ppm |
| Edema polmonare, intossicazione acuta | 300 ppm |
| Danni al sistema nervoso, apnea | 500 ppm |
| Collasso, paralisi, morte immediata | 1000 ppm |

L'idrogeno solforato viene rapidamente eliminato dall'organismo ma alcuni studi di tossicità acuta respiratoria hanno dimostrato la persistenza per tempi più lunghi con possibili effetti di accumulo. Non esistono dati che facciano supporre per l'acido solfidrico proprietà cancerogene, mutagene o in grado di provocare disturbi dello sviluppo fetale.

Il meccanismo d'azione, comune al cianuro, è di inibizione della citocromo ossidasi con azione selettiva sul citocromo aa3: viene bloccato il trasporto mitocondriale dell'ossigeno nelle cellule e si determina asfissia cellulare, con danni precoci prevalentemente sul sistema nervoso centrale, polmoni e occhi.

L' H_2S , oltre alla pericolosità al di sopra di determinate dosi, esercita effetti avversi anche a concentrazioni più basse.

Le esposizioni croniche a bassi livelli, le sequele di intossicazioni acute in ambito lavorativo e in popolazioni esposte ad inquinamento ambientale sono state studiate da diversi ricercatori americani (SNYDER, 1995; KILBURN, 1995, 1997, 2004; SHIFFMANN, 1995) che hanno riscontrato patologie prevalentemente neurotossiche con sintomi centrali e periferici anche a carattere permanente.

3. Infortuni mortali attribuiti ad H₂S (da letteratura straniera)

La casistica degli incidenti gravi o mortali attribuibili all'H₂S risulta di difficile definizione per i motivi già sopra esposti; in molti casi viene infatti data la generica indicazione "formazione-esalazioni di gas non specificati".

I dati riportati in letteratura da autori americani derivano da indagini approfondite sull'ambiente di lavoro, sulle dinamiche degli incidenti con l'intervento di Organi ufficiali (NIOSH, OSHA), e sugli esami autoptici e medico legali spesso confortati dal dosaggio, anche su cadavere, dei gas sospetti.

La condizione più frequente e tipica, oltre l'accadimento in ambiente confinato, è l'associazione della immediatezza del decesso, del tipico odore sgradevole sulla scena dell'incidente e sui resti della vittima. Sono questi i criteri che rendono inconfondibile la morte da H₂S, in ambienti confinati, permettendo di escludere altri agenti spesso solo ipoteticamente indicati.

Si riportano, nella tabella 3, alcune casistiche descritte nella letteratura straniera in epoche diverse, ma sempre caratterizzate dalle stesse cause, circostanze e negligenze.

Tabella 3

Incidenti mortali attribuiti ad H₂S riportati nella letteratura straniera.

| Autore | Studio |
|------------------------------|---|
| HAMILTON A., 1925 | Vengono descritti alcuni infortuni mortali: <ul style="list-style-type: none"> - un infortunio mortale in una conceria tedesca: il lavoratore stava rimuovendo manualmente il refluo della lavorazione; - due infortuni mortali in un'azienda di trasformazione di prodotti animali: un lavoratore si è addentato attraverso un passo d'uomo per pulire una cisterna e un altro lavoratore è morto per soccorrerlo; - due infortuni mortali in una fabbrica di colle e lubrificanti: due lavoratori sono morti in pochi minuti, il terzo è sopravvissuto perché ha protetto la bocca con un elmetto; - un infortunio mortale in un impianto fognario, un sopravvissuto. |
| FULLER e SURUDA, 2000 | Analisi degli infortuni mortali imputabili all'H ₂ S negli Stati Uniti nel periodo 1984-94: 80 morti (di cui 19 compagni di lavoro intervenuti in soccorso) in 57 incidenti. Per la ricostruzione della casistica gli Autori si sono avvalsi dei dati degli eventi classificati dal sistema informativo (IMIS) dell'OSHA secondo il codice 1480 (H ₂ S) e di lavori bibliografici riportanti lo specifico riferimento all'H ₂ S. |
| NIOSH, 1991 | Due infortuni mortali (tra cui un soccorritore) per lavori di manutenzione nelle acque di scarico di una conceria. |
| OESTERHELWEG e PÜSCHEL, 2008 | Descrizione di quattro incidenti con 10 morti accaduti in fosse di letame in campo agricolo, completa dei dati morfologici evidenziati alle autopsie. Caratteristiche comuni in quasi tutti i casi: <i>livor mortis</i> grigio-verdastro, patologie polmonari e congestione dei vasi submucosali e sottosierosi. |
| KNIGHT e PRESNELL, 2005 | Descrizione di due incidenti mortali dovuti all'esalazione di H ₂ S provenienti da pozzi fognari. Vengono riportate indicazioni su diagnosi differenziale, aspetti clinici, dinamica infortunistica, metabolismo e tossicologia del gas. |

4. Incidenti in ambienti confinati in Italia

In Italia, il rischio da H₂S viene richiamato soprattutto per i problemi ambientali legati alla produzione e trasporto del petrolio (D'ORSOGNA, 2007) e per le conche ove è nota e prevedibile la presenza di H₂S che si libera nei bottali di conca e per ristagno del gas nelle fosse per le acque di scarico (VALSECCHI e coll., 1987). In realtà, dalle cronache degli ultimi anni risultano numerosi gli incidenti verificatisi in più parti d'Italia, spesso non chiariti in termini di specifici agenti causali se non, per alcuni, nelle fasi giudiziarie, quando gli approfondimenti forensi hanno potuto documentare la morte istantanea per esposizione a idrogeno solforato.

In considerazione di quanto sopra, nel presente lavoro sono stati riportati gli incidenti mortali verificatisi in Italia negli ultimi 4 anni, aventi in comune la dinamica della morte (tipica da H₂S come descritta in letteratura) ed il luogo di accadimento (ambienti confinati compatibili con la presenza o lo sviluppo di idrogeno solforato). I casi riportati sono stati oggetto di cronaca e di inchieste giudiziarie, nel corso delle quali vi sono stati più volte chiari riferimenti all'idrogeno solforato come agente causale.

Nella tabella 4 si indica la località e l'anno degli infortuni, il tipo di ambiente confinato, il numero dei casi mortali, le circostanze lavorative.

Tabella 4

Incidenti in ambienti confinati in Italia per i quali vi è stato specifico riferimento all'H₂S o la dinamica è caratteristica per esposizione ad H₂S.

| Località | Ambiente confinato | N° morti | Circostanze |
|---------------------|---|--------------------|---|
| Molfetta (BA), 2008 | autocisterna contenente zolfo | 5 (4 soccorritori) | Lavori di bonifica |
| Mineo (CT), 2008 | impianto depurazione | 6 (4 soccorritori) | Pulizia vasca depuratore |
| Sarroch (CA), 2009 | cisterna in impianto di desolfurazione | 3 (2 soccorritori) | Manutenzione di impianti di desolfurazione |
| Imperia, 2009 | vasca depuratore | 2 (1 soccorritore) | Pulizia vasca depuratore |
| Terni, 2009 | cisterna con residui di solfidrato di sodio | 1 | Travasato di acido cloridrico in una cisterna con residui di un prodotto contenente solfidrato di sodio |
| Sale (AL), 2010 | ex deposito carburante | 2 | All'apertura di una valvola, i lavoratori sono stati investiti da un forte getto che ha provocato la morte per asfissia |

Segue: Tabella 4

| Località | Ambiente confinato | N° morti | Circostanze |
|---------------------|------------------------------|--|---|
| Capua (CE), 2010 | silos fermentazione farmaci | 3 3 | Esalazioni per un probabile processo di fermentazione |
| Sarroch (CA), 2011 | colonna impianto combustione | 1 | Manutenzione di impianti di desolfurazione |
| Vipiteno (BZ), 2011 | pozzo nero | 2 | Operazioni di spurgo di fossa biologica condominiale |
| Lavinio (RM), 2011 | piscina | 4 (1 coma con effetti psichici e motori irreversibili) | Operazioni di pulizia nella vasca di compenso di una piscina, alimentata con acqua di pozzo, in una località con presenza di acque solfuree |

Nello specifico di Lavinio, dopo le perizie svolte dal dipartimento di geologia dell'Università Roma Tre su incarico della Procura della Repubblica di Velletri, si è constatato che l'incidente fu causato da idrogeno solforato proveniente dal sottosuolo, che si è incanalato nella piscina e ha riempito le vasche di compensazione e lo spogliatoio. Elevata concentrazione di H₂S è stata riscontrata nei locali di servizio, sala filtri, spogliatoi e docce e in canalette, pozzetti e fori ai margini della piscina.

Le suddette condizioni, tipiche di quel territorio, richiamano ad una particolare attenzione in quelle aree caratterizzate da un rilascio anomalo di gas endogeno che facilmente passa attraverso gli scavi per realizzare piscine e, più in generale, le fondazioni delle costruzioni.

Altro settore dove il rischio dalle intossicazioni da H₂S è particolarmente sottovalutato, è quello vinicolo nelle fasi di fermentazione del vino (mosto), tenuto conto che i composti solforati volatili hanno un ruolo significativo nella composizione aromatica dei vini. Mentre alcune sostanze solforate sono necessarie per la qualità del vino (glutazione, 4-mercapto-4-metilpentan-2-one) altre sono causa di forti difetti olfattivi (idrogeno solforato, metantiolo, etantiolo). La maggior parte delle sostanze solforate volatili viene prodotta durante la fermentazione alcolica ad opera dei lieviti e la non corretta gestione dei parametri fermentativi può incidere notevolmente sullo sviluppo di composti indesiderati. Ad esempio, l'aggiunta eccessiva di SO₂ nel mosto porta a un maggiore sviluppo di H₂S durante la fermentazione.

Non va neppure sottovalutato il fatto che i trattamenti con prodotti fitosanitari effettuati sulla vite possono lasciare un residuo di zolfo, che potrebbe arrivare fino al mosto. I composti maggiormente utilizzati prima della vendemmia sono i ditio-

carbammati e lo zolfo elementare, la cui degradazione durante la fermentazione può essere causa dello sviluppo di H_2S ad opera del metabolismo dei lieviti.

Incidenti da intossicazione mortale si verificano con una certa frequenza quando personale non esperto e comunque disinformato entra o si trova in prossimità degli spazi confinati contenenti mosto di vino (scantinati, cisterne, silos).

Significativi sono alcuni incidenti accaduti recentemente nel suddetto settore. Il primo è accaduto in provincia di Napoli, nel quale un uomo ha perso la vita e due sono rimasti intossicati, mentre lavoravano ad un travaso di damigiane in uno scantinato a 6 m sotto terra. Il secondo a Marsala, nel luglio 2012, in cui un uomo è morto mentre puliva una cisterna per il vino; l'operaio è probabilmente deceduto per avere respirato le esalazioni tossiche rimaste nel contenitore dopo lo svuotamento e sono ancora in corso gli accertamenti in ambito giudiziario e medico-legale.

Secondo i dati tratti dall'archivio Infor.MO (Strumenti per l'analisi qualitativa degli infortuni mortali - INAIL) relativi agli incidenti (non specifici per l'acido solfidrico) avvenuti in Italia in ambienti confinati (CAMPO e PELLICCI, Seminario "La prevenzione infortuni in ambienti confinati", Roma, 14 aprile 2011), nel 37,5% dei casi l'evento si è verificato per una mancata fornitura di DPI e la stessa percentuale per un mancato uso. Sempre secondo i dati Infor.MO, ben il 56% degli incidenti può essere attribuito alla mancanza di un'adeguata informazione, formazione e addestramento.

5. La sorveglianza sanitaria

La sorveglianza sanitaria osserva la normativa del D.Lgs. 81/2008 per il rischio chimico: art. 224: "Misure e principi generali per la prevenzione dei rischi"; art. 229 "Sorveglianza sanitaria" per agenti chimici classificabili come: molto tossici, tossici, nocivi, sensibilizzanti, corrosivi, irritanti, tossici per il ciclo riproduttivo, cancerogeni, rischi da agenti chimici e mutageni di categoria 3; art. 230 "Cartelle sanitarie e di rischio".

Tenuto conto degli artt. 66 e 121 del D.Lgs. 81/2008, andrebbero distinti i cicli e gli ambienti lavorativi dove è già presente H_2S e le condizioni lavorative per le quali è prevedibile la formazione di H_2S ad alte concentrazioni.

Il medico competente dovrà anche valutare l'idoneità dei soggetti destinati ad operare negli ambienti confinati, sia in funzione delle specifiche caratteristiche di tali ambienti sia in relazione alle attrezzature di lavoro e ai dispositivi di protezione individuale che si rendono necessari, con particolare riferimento agli autorespiratori.

Sarebbe necessario intraprendere azioni di coordinamento in ambito di istituzioni-associazioni mediche e tecniche per la prevenzione, con figure di riferimento anche per interventi estemporanei, nonché analisi epidemiologiche degli eventi mortali e gravi in spazi confinati per ricavare specifici protocolli.

Ai fini epidemiologici sarebbero utilizzabili le competenze dell'INAIL secondo il Capo II (*Sistema Istituzionale*) Art. 9 c. 4, lettere a), b) del D.Lgs. 81/2008.

- a) raccoglie e registra ai fini statistici e informativi i dati relativi agli infortuni sul lavoro, che comportino l'assenza dal lavoro di almeno un giorno, escluso quello dell'evento;
- b) concorre alla realizzazione di studi e ricerche sugli infortuni e sulle malattie correlate al lavoro.

Si potrebbero avere in tal modo dati ufficiali per una migliore programmazione degli interventi di prevenzione, compresa la sorveglianza sanitaria per i rischi negli spazi confinati.

6. Discussione

L'esigenza di trattare la problematica legata alla presenza di acido solfidrico in ambienti confinati è derivata dalla gravità e dalla frequenza degli infortuni accaduti negli ultimi anni. Tale fenomeno ha messo in luce un rischio lavorativo di portata molto ampia, ma spesso sottostimato, che riguarda tanto gli infortuni per le intossicazioni da alte dosi, quanto le malattie professionali per le basse e prolungate esposizioni. L'idrogeno solforato è infatti presente alla voce 28 della nuova tabella delle malattie professionali (D.M. 9 aprile 2008) e nell'elenco delle malattie professionali con obbligo di denuncia (D.M. 27 aprile 2004 e s.m.i.).

Tutto ciò ha portato all'emanazione di riferimenti legislativi (D.P.R. 177/2011) e alla pubblicazione di buone prassi (*Manuale illustrato per lavori in ambienti sospetti di inquinamento o confinati ai sensi dell'art. 3 comma 3 del D.P.R. 177/2011*) ad hoc, proprio al fine di ridurre il ripetersi di infortuni mortali dovuti, tra le varie cause, anche all'acido solfidrico.

Inoltre, il riferimento generico a "gas deleteri" riportato nel D.Lgs. 81/2008 non ha probabilmente focalizzato l'attenzione sulla ricerca specifica di H₂S, per il quale invece sarebbe opportuno provvedere al monitoraggio e alla predisposizione di idonee misure di prevenzione e protezione (per esempio utilizzo di rilevatori di gas portatili, DPI per le vie respiratorie, sistemi di sorveglianza, di allarme, ecc.). Si comprende l'importanza, nel caso di incidente, di effettuare una precisa diagnosi etiologica per consentire le relative correlazioni a fini epidemiologici. Sulla genericità dei gas pesa anche l'assenza di una codifica agente-malattia esclusiva per l'acido solfidrico che, con l'attuale ICD-10 (T-59.8), è accomunato ad altri gas con la definizione: "effetto tossico di altri gas, fumi e vapori specificati".

Infatti, è presumibile che la genericità non sensibilizzi adeguatamente i lavoratori e gli stessi datori di lavoro sulla pericolosità dei cosiddetti "gas deleteri".[19] Quanto riportato ci porta ad affermare che tanti infortuni mortali potrebbero essere evitati ricorrendo a misure di prevenzione e protezione basilari: maggiore consapevolezza dei rischi da parte dei lavoratori, formazione e addestramento speci-

fici, procedure di lavoro sicure, chiare e condivise, disponibilità di attrezzature idonee (rilevatori di gas e DPI appropriati). Dall'analisi degli eventi mortali da H₂S occorsi negli ambienti confinati negli Stati Uniti, Fuller afferma che gli infortuni mortali potevano essere evitati nel 96,3% dei casi se fossero stati utilizzati rilevatori di gas portatili con allarme.

Per poter affrontare in maniera specifica ed efficace le criticità legate agli infortuni mortali da H₂S, è dunque necessario intervenire su più livelli:

- a livello legislativo, rendendo più specifica la generica definizione “gas deleteri”, soprattutto in riferimento alle specifiche attività lavorative;
- fare informazione, formazione e addestramento per tutte le persone coinvolte in lavori nell'ambito di spazi confinati, come tra l'altro previsto dal D.P.R. 177/2011, affrontando in maniera specifica la problematica dell'acido solfidrico;
- eseguire tempestivamente autopsie mirate con ricerca dell'H₂S dosabile per attribuire con certezza l'effettivo coinvolgimento di tale gas quale agente causale.

RIASSUNTO

Negli ultimi anni si sono ripetutamente verificati numerosi infortuni mortali in ambienti confinati, riconducibili all'esposizione ad acido solfidrico (H₂S). Questo, ad alte concentrazioni, risulta essere l'agente più compatibile con la dinamica di molti dei più recenti incidenti con morte fulminante. L'H₂S offre infatti poche possibilità di sfuggire ad alte concentrazioni a causa della sua capacità di causare paralisi olfattiva e perdita improvvisa di coscienza. Si verifica spesso una dinamica tipica dell'evento mortale, definita nella letteratura americana *like a stroke of lightning*: perde conoscenza il primo lavoratore che accede nel luogo confinato inquinato e, a seguire, i colleghi che intervengono in soccorso senza precauzioni, rimanendo mortalmente intossicati.

Il ripetersi di simili incidenti denota spesso una incompleta conoscenza dell'effettivo rischio da agenti chimici pericolosi definiti genericamente all'art. 66 del D.Lgs. 81/2008 “gas deleteri” e quindi una sottostima dell'importanza e pericolosità dell'H₂S.

Oltre al problema delle esposizioni acute ad elevate concentrazioni, effetti sulla salute possono anche essere provocati da esposizioni a dosi inferiori prolungate e ripetute: a basse concentrazioni si può verificare irritazione delle mucose oculari con cheratocongiuntivite e, a concentrazioni più elevate, edema polmonare o sequele a livello del sistema nervoso centrale .

Nel lavoro vengono approfonditi diversi aspetti, tra cui un'analisi interpretativa dei contenuti degli articoli 66 e 121 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., i contesti lavorativi dove l'H₂S è presente come materia prima o prodotto di processo e gli

effetti sulla salute umana. Inoltre, vengono presi in considerazione alcuni aspetti legati alle dinamiche infortunistiche attraverso la ricostruzione della casistica di infortuni mortali verificatasi in Italia negli ultimi anni e confrontandola con quella riportata nella letteratura di altri Paesi.

SUMMARY

In recent years there have repeatedly been several fatalities in confined spaces, due to exposure to hydrogen sulfide (H₂S). At high concentrations, it appears to be the most compatible with the dynamics of many of the most recent incidents with sudden death. In fact, H₂S offers little chance of escaping at high concentrations because of its ability to cause olfactory paralysis and sudden loss of consciousness. It is often a typical dynamic event mortal defined in American literature “like a stroke of lightning,” in which the first employee who logs in polluted and confined place loses consciousness, followed by colleagues involved in the rescue without any precautions, remaining fatally poisoned.

The recurrence of such incidents often denotes an incomplete knowledge of the actual risk from hazardous chemicals generically defined in the Article N. 66 of Legislative Decree 81/2008 as “deleterious gases” and thus an underestimation of the importance and dangers of H₂S.

Besides the problem of acute exposure to high concentrations, health effects may also be caused by prolonged exposure to lower and repeated doses: at low concentrations it is possible to have irritation of the eyes with keratoconjunctivitis and, at higher concentrations, pulmonary edema, or consequences at central nervous system level.

In this paper we detailed various aspects, including an interpretative analysis of the contents of Articles 66 and 121 of Legislative Decree 81/2008 and subsequent amendments, working contexts where H₂S is present as a raw material or product and process effects on human health. Also, some aspects related to injury dynamics are taken into consideration through the reconstruction of the series of fatal accidents that occurred in recent years and comparing them with that reported in the literature of other Countries.

BIBLIOGRAFIA

[1] D'ORSOGNA MR & CHOU T., *Danni alla salute umana causati dall'idrogeno solforato*, Department of Mathematics, California State University at Northridge, Los Angeles, CA 91330-8313; 2Department of Biomathematics, David Geffen School of Medicine, University of California, Los Angeles, CA 90095-1766 (Dated: January 14, 2010).

- [2] FULLER D.C., SURUDA A.J.: *Occupationally related hydrogen sulfide deaths in the United States from 1984 to 1994*, in *J. Occup. Environ. Med.*, 2000 Sep;42(9): 939-42.
- [3] GUIDOTTI T.L.: *Hydrogen sulphide*, in *Occupational Medicine*, 1996; 46:367-371.
- [4] HAMILTON A.: *Industrial Poisons in the United States*, New York: Macmillan Company 1925: 354.
- [5] KILBURN K.H.: *Evaluating health effects from exposure to hydrogen sulfide: central nervous system dysfunction*, in *Environ. Epidemiol. Toxicol.*, 1999; 1: 207-16.
- [6] KILBURN K.H.: *Endangered brains: how chemicals threaten our future*, Capitolo 7: Collana Killer Molecules in *Natural Gas*, Princeton Scientific Publishers Company Inc 78 (2004).
- [7] KILBURN K.H.: *Exposure to reduced sulfur gases impairs neurobehavioral function*, in *South Med. J.*, 1997, 90, 997-1006.
- [8] KILBURN K.H.: *Neurotoxic effects from residential exposure to chemicals from an oil reprocessing facility and superfund site*, in *Neurotoxicology and Teratology*, 1995; 17 (2): 89-102.
- [9] KNIGHT L.D., PRESNELL S.E.: *Death by Sewer Gas. Case Report of a Double Fatality and Review of the Literature*, in *Am. J. Forensic. Med. Pathol.*, 2005; 26: 181-185.
- [10] MILBY T., BASELT R.: *Hydrogen sulfide poisoning. Clarification of some controversial issues*, in *Am. J. Ind. Med.*, 1999; 35: 192-195.
- [11] NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH: *Criteria for a Recommended Standard for Occupational Exposure to Hydrogen Sulfide*, Washington, DC: US Government Printing Office; 1977:23. DHEW (NIOSH) Publication No. 77-158.
- [12] NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH: *Worker Deaths in Confined Spaces: a Summary of Surveillance. Findings and Investigative Case Reports*, US Department of Health and Human Services 1994:166-167.
- [13] OESTERHELWEG L., PÜSCHEL K.: *Death may come on like a stroke of lightning*, in *Int. J. Legal. Med.*, 2008; 122:101-107.

- [14] SHIFFMANN S.S., SATTELY E.A.: *The effect of environmental odours emanating from commercial swine operations on the mood of nearby residents*, in *Brain Research Bulletin*, 1995; 37-369.
- [15] SNYDER J.W., SAFIR E.F., SUMMERVILLE G.P., MIDDLEBERG R.A.: *Occupational fatality and persistent neurological sequelae after mass exposure to hydrogen sulphide*, in *The American Journal of Emergency Medicine*, 13 199 (1995).
- [16] SOTTOGRUPPO AMBIENTI CONFINATI COMITATO 1 COMMISSIONE CONSULTIVA PERMANENTE: *Manuale illustrato per lavori in ambienti sospetti di inquinamento o confinati ai sensi dell'art. 3 comma 3 del D.P.R. 177/2011*, www.lavoro.gov.it, 2012.
- [17] SUBCOMMITTEE ON HYDROGEN SULFIDE: *Hydrogen Sulfide, Medical and Biological effects of environmental pollutants*, Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants, University Park Press, Baltimore, 1979.
- [18] VALSECCHI M., FIORIO A., COATO F., RIGHETTI S., LOVATO L., CORIOLATO E.A., MARCHI S.: *Intossicazioni acute da idrogeno solforato nella concia delle pelli bovine*, Atti 50° Congresso Nazionale SIMLII, Roma, 21-24 ottobre 1987, Monduzzi Editore.
- [19] BALLETTA A., BENEDETTI F., FRUSTERI L.: *Le intossicazioni professionali mortali da idrogeno solforato (H₂S) in "ambienti confinati"*, in *G. Ital. Med. Lav. Erg.*, 2011; 33:3, Suppl., 246-246.