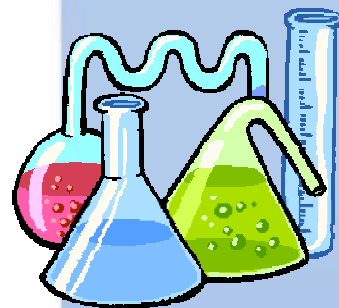
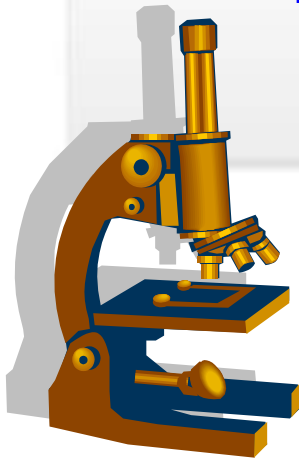


**Estratto dalle linee guida ISPESL
per la valutazione del rischio durante l'impiego
di agenti chimici pericolosi**

Prof. Dario Santoro e Dr. Sandro Giambattistelli

**Responsabile del Servizio Prevenzione e Protezione
Ing. Raffaele Sabatino**



**Metodologia
per la valutazione
dei rischi chimici
nei laboratori di ricerca**



LA NORMATIVA

Il titolo IX del D. Lgs. 81/08, come modificato dal D. Lgs. 106/09, richiede di effettuare la valutazione del rischio chimico in ogni attività che utilizzi sostanze o preparati pericolosi per la salute e per la sicurezza.

La valutazione è un obbligo del datore di lavoro nella cui attività vengono utilizzati agenti chimici pericolosi a qualunque scopo. Il datore di lavoro deve effettuare la valutazione del rischio chimico in modo preventivo all'inizio dell'attività che comportino l'uso di agenti chimici pericolosi.

Secondo quanto disposto dalla norma la valutazione del rischio chimico deve essere effettuata secondo i criteri dell'art. 223 del D. Lgs. 81/08 e s.m.i. e può essere effettuata con strumenti diversi.

Il legislatore stesso fornisce indicazioni circa gli strumenti che possono essere utilizzati per effettuare la valutazione del rischio chimico. E' infatti possibile utilizzare stime grossolane di rischio, modelli di calcolo o misurazioni ambientali e/o personali.

Le stime qualitative sono possibili nelle situazioni ben definite sia come livelli di rischio che come caratteristiche del rischio. I modelli di calcolo sono da utilizzarsi nei casi in cui non sono noti a priori i livelli di rischio e servono quindi a quantificarli.

Le misure degli inquinanti invece possono essere utilizzate per verificare il superamento dei valori limite, per verificare l'efficacia delle misure di prevenzione e protezione messe in atto o per approfondire l'analisi del rischio di situazioni rimaste nell'incertezza.

Si rimanda al D. Lgs. 81/08 e s.m.i. ed agli allegati XXXVIII e XLIII per le definizioni ed i valori limite di esposizione illustrando, sommariamente, in questa sede i criteri adottati per la valutazione del rischio in esame.

Nei casi in cui è prevedibile una notevole esposizione ad agenti chimici pericolosi, come la manutenzione, i campionamenti ambientali o le operazioni di bonifica di siti inquinati, il datore di lavoro considera gli effetti sulla salute e la sicurezza anche se le condizioni di pericolo permangono dopo aver adottato tutte le misure tecniche possibili.

La valutazione del rischio chimico deve essere effettuata preliminarmente all'inizio dell'attività in cui vi è eventuale presenza di agenti chimici pericolosi per la salute e per la sicurezza ed ha inizio con il censimento di tutte le sostanze e preparati presenti nel ciclo lavorativo.

Il documento di valutazione del rischio deve contenere le seguenti informazioni (art. 223 D. Lgs. 81/08):

1. analisi del processo lavorativo e classificazione delle mansioni;
2. identificazione degli agenti chimici pericolosi;
3. proprietà pericolose degli agenti chimici identificati;
4. le informazioni sulla salute e sicurezza comunicate dal produttore o dal fornitore tramite la relativa scheda di sicurezza predisposta ai sensi dei decreti legislativi 3 febbraio 1997, n. 52 e 16 luglio 1998, n. 285 e successive modifiche; oppure, in alternativa, le informazioni ricavate dalla letteratura scientifica;
5. il livello, il tipo e la durata dell'esposizione;
6. le circostanze in cui viene svolto il lavoro in presenza di tali agenti, compresa la quantità degli stessi;
7. i valori limite di esposizione professionale o i valori limite biologici;
8. gli effetti delle misure preventive e protettive adottate o da adottare;
9. le eventuali azioni di sorveglianza sanitaria già intraprese;
10. la definizione del livello di rischio per ogni sostanza "irrilevante per la salute e basso per la sicurezza" o meno secondo l'art. 224 del Nuovo Testo unico D. Lgs. 81/08 (che nel D. Lgs. 626/94 veniva definito con il termine "moderato") anche attraverso l'utilizzo di modelli e/o algoritmi. La valutazione dei rischi per la salute segue il modello universale della curva dose-risposta (fig. 1).

Su questa curva possono essere stabiliti 2 livelli di soglia: il valore limite ed il livello di azione.

Il primo indica il livello di esposizione che non deve essere superato; il secondo il livello a cui scatta l'obbligo di adottare misure di prevenzione specifiche (sorveglianza sanitaria, formazione, DPI, sistemi di prevenzione collettiva, ecc.), si tratta cioè di un livello a cui il lavoratore può essere esposto a condizione che vengano adottate le misure preventive.

Generalmente al di sopra del valore limite la maggior parte dei lavoratori corre il rischio di ammalarsi, mentre tra il livello di azione ed il valore limite verosimilmente si possono ammalare solo i soggetti ipersuscettibili.

Al di sotto del livello di azione, infine, l'esposizione è talmente bassa che nessun lavoratore (nemmeno un ipersuscettibile) può ragionevolmente ammalarsi.

Nel caso del rischio chimico il valore limite corrisponde ai valori limite ponderati per le singole sostanze, indicati dalle norme di legge o, in assenza di norme, dagli organismi scientifici, mentre il livello di azione corrisponde ad un livello genericamente definito irrilevante per la salute dal D. Lgs. 81/08 e s.m.i..

In ogni caso il livello di azione corrisponde per definizione alla soglia al di sotto della quale non sono necessarie le misure di prevenzione specifiche; non è ammissibile classificare una lavorazione al di sotto del livello di azione per effetto dell'abbattimento dell'esposizione ottenuto adottando le misure specifiche.

In base a criteri, metodi e finalità della valutazione si distinguono tre situazioni molto diverse (fig. 2).

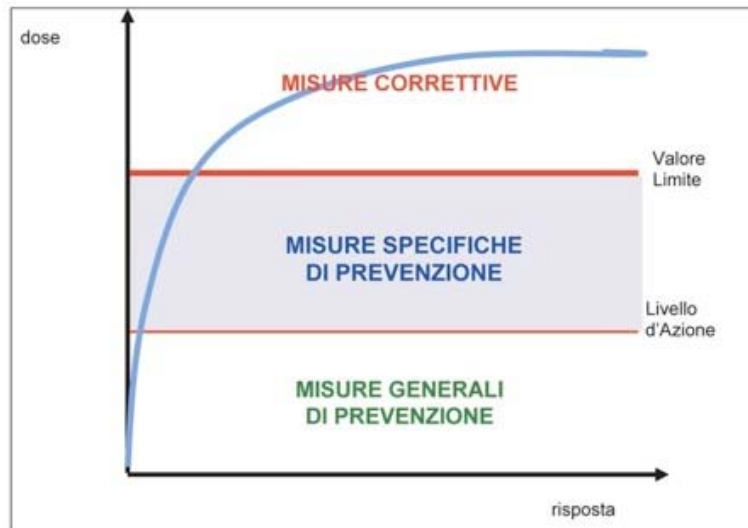


Fig. 1: curva dose/risposta, misure da attuare



Fig. 2 curva dose/risposta, confronto con i livelli di rischio

A) Valutazione preliminare del rischio

Costituisce il primo approccio ad una situazione in cui sono presenti agenti chimici pericolosi. Si basa su dati informativi (documentali e di osservazione) come le schede di sicurezza delle sostanze o dei preparati usati, i quantitativi, i tempi di esposizione, le caratteristiche del lavoro, ecc.

In base all'esito della valutazione preliminare si può procedere ad una valutazione approfondita ovvero si può concludere che non è necessario procedere ulteriormente.

In quest'ultimo caso presumibilmente, dalle informazioni preliminari è stato possibile concludere che l'esposizione è inequivocabilmente al di sotto del livello di azione (rischio irrilevante).

B) Valutazione approfondita del rischio (caso di specie)

In tutti i casi in cui la valutazione preliminare non consente di giungere ad una definizione di rischio certa, si rende necessario una valutazione più approfondita qualitativa e quantitativa che prevede l'utilizzo di algoritmi o misure ambientali. In questo caso in base all'esito della valutazione si può concludere sia che l'esposizione sia sopra il livello di azione, sia che sia al di sotto (rischio irrilevante).

C) Verifica del rispetto del valore limite di esposizione

Prevede obbligatoriamente il ricorso a misure ambientali e si riferisca a tutte quelle situazioni che non solo superano il livello di azione, ma che potrebbero superare anche il valore limite. Quindi le misure ambientali non sono sempre necessarie, ma solo quando non vi è altro modo di verificare il rispetto del valore limite di esposizione.

Se analizziamo poi le azioni che devono essere intraprese in caso di superamento dei valori limite, vediamo che esse devono essere tutte estremamente tempestive. Quindi l'eventuale monitoraggio ambientale non può essere sporadico, il riscontro di un eventuale superamento dei valori limite ponderati non può essere occasionale, ma occorre stabilire una funzione di probabilità di superamento di tali limiti in base alla quale pianificare anche la frequenza dei controlli (rappresentatività spazio-temporale del dato secondo la norma UNI EN 689:1997).

Il livello di rischio

La definizione del livello di rischio da agenti chimici pericolosi deve avvenire per ogni sostanza utilizzata nell'ambiente di lavoro, e la definizione di tale giudizio può avvenire utilizzando o meno modelli matematici.

In ogni caso il datore di lavoro deve poter fornire una giustificazione convincente e razionale di come è pervenuto a tale risultato.

Nel caso di attività in cui l'esposizione di un lavoratore ad una sostanza pericolosa proviene da più sorgenti (es.: da prodotti diversi) sarà necessario considerare l'esposizione totale.

Nel caso di attività lavorative che espongono uno stesso lavoratore a più agenti chimici pericolosi la valutazione del rischio dovrà tenere conto anche degli effetti sinergici e combinatori, se necessario verranno utilizzate concentrazioni miscela.

Nei casi in cui è prevedibile una notevole esposizione ad agenti chimici pericolosi, come la manutenzione o le operazioni di bonifica di siti inquinati, il datore di lavoro considera gli effetti sulla salute e la sicurezza anche se le condizioni di pericolo permangono dopo aver adottato tutte le misure tecniche possibili.

Nel caso di attività lavorative che espongono uno stesso lavoratore a più agenti chimici pericolosi la valutazione del rischio dovrà tenere conto, come detto, anche degli effetti sinergici e combinatori.

E' possibile calcolare gli effetti combinatori dovuti all'esposizione a più agenti chimici pericolosi. Tale valutazione viene effettuata identificando l'organo bersaglio che è esposto a più di un inquinante. In tal modo per ogni gruppo omogeneo di lavoratori verrà definito per ogni sostanza il livello di rischio per la salute, per la sicurezza e gli effetti cumulativi o combinatori dei diversi agenti chimici (sostanze) pericolosi. La valutazione degli effetti combinati serve per adeguare il protocollo sanitario e per identificare condizioni di sofferenza di taluni organi anche in condizioni di molte esposizioni a basse dosi come accade nei laboratori chimici.

La valutazione degli effetti combinatori richiesta dal legislatore è estremamente importante,

in realtà come i laboratori di ricerca ove ci sono molte esposizioni professionali di inquinanti a basse dosi e gli effetti combinatori possono nel tempo avere effetti sulla salute.

Il livello di rischio irrilevante per la salute corrisponde alla dose di inquinante a cui la maggior parte della popolazione esposta non evidenzia effetti sulla salute. Il livello di rischio basso per la sicurezza corrisponde secondo le indicazioni delle regioni al livello basso per la classificazione antincendio.

Caratteristiche dei modelli di calcolo del rischio

Per avere risultati accettabili dai modelli è necessario che:

1. La valutazione sia effettuata per sostanza e per mansione
2. Deve tenere conto dei requisiti minimi previsti dall'art. 224
3. Nel calcolo del livello di rischio *irrilevante* non si deve tenere conto delle misure specifiche previste dall'art. 225
4. Devono essere calcolati gli effetti di coesposizione e quelli cumulativi
5. Si devono poter valutare tutte le sostanze pericolose
6. I criteri di valutazione devono essere coerenti con quelli adottati per le misure degli inquinanti (sostanza e non preparato)
7. Devono essere note le caratteristiche di ogni modello utilizzato
8. I risultati offerti dal modello devono essere più protettivi di quelli ottenuti con le misure

In definitiva, ogni strumento di valutazione del rischio chimico (algoritmi, misure e stime del rischio) deve essere conforme a quanto previsto dalla norma e soddisfare tutti i requisiti minimi:

Requisiti minimi previsti dalla norma:

- a. la valutazione dei rischi deve essere effettuata per ogni agente chimico pericoloso sia per la salute che per la sicurezza;
- b. deve considerare le proprietà pericolose;
- c. deve considerare il livello, il tipo e la durata dell'esposizione;
- d. deve considerare le circostanze in cui viene svolto il lavoro in presenza di tali agenti, compresa la quantità degli stessi;
- e. deve riferirsi ai TLV.

VALUTAZIONE DEI RISCHI

La procedura di valutazione del rischio di esposizione ad **agenti chimici pericolosi** nelle attività dei laboratori didattici e di ricerca, come il caso di specie, assume una fisionomia del tutto diversa - e quindi particolare - da quella normalmente utilizzata per valutare attività che, per le loro modalità di esecuzione, si affrontano presumendo livelli di emissione sufficientemente costanti nel tempo e per le quali è significativo procedere, quando necessario, con indagini ambientali al fine di confrontare i risultati con i valori limite di riferimento.

Nelle attività di laboratorio, come è noto, vengono invece utilizzate una moltitudine di sostanze chimiche dalle caratteristiche tossicologiche più disparate, in quantità molto piccole e per tempi di esposizione molto brevi.

Tali modalità operative rendono, di fatto, **scarsamente significativa la misurazione ambientale dei contaminanti potenzialmente presenti** sia per i tempi d'uso sia per i numerosi ricambi orari dell'aria ambiente e pertanto si ritiene opportuno fare riferimento all'art. 225, comma 2, del D. Lgs. 81/08 che dice che le misurazioni degli agenti che possono rappresentare un rischio per la salute possono essere effettuate *"con metodiche appropriate o con particolare riferimento ai valori limite di esposizione professionale e per periodi rappresentativi dell'esposizione in termini spazio temporali"*.

D'altra parte nemmeno il confronto con esperienze e dati relativi a situazioni di lavoro riscontrati in altri laboratori può consentire di estrapolare con sufficiente certezza i dati rilevati al caso che si sta valutando in quanto, senza dubbio, le caratteristiche strutturali di ogni laboratorio e quelle tossicologiche delle sostanze impiegate - per non parlare degli aspetti tecnici, organizzativi e procedurali - sono completamente a sé stanti.

Per questo motivo si propone l'uso di un modello di calcolo con il quale si opera un confronto tra gli elementi che determinano il rischio e quelli che lo contengono, ottenendo quindi indicazioni utili alla scelta delle procedure di prevenzione e all'adozione dei dispositivi di protezione più idonei.

Nella presente valutazione degli agenti chimici pericolosi sono stati inclusi gli agenti cancerogeni e mutageni in quanto anche questi ultimi sono sostanze chimiche in grado di interagire ovvero di sommare i propri potenziali effetti negativi con quelli degli agenti chimici propriamente detti indicati nel Capo I del Titolo IX del D. Lgs. 81/08.

Si è del parere, infatti, che una valutazione globale di tutte le sostanze chimiche presenti contemporaneamente nei laboratori sia più aderente alla realtà lavorativa e che comunque sia un modo per garantire una maggiore sicurezza e salute ai lavoratori esposti; per l'insieme di tali sostanze sarà effettuata la valutazione dei rischi tenendo presente la soglia di *"rischio basso per la sicurezza e irrilevante per la salute"* prevista dal citato Titolo IX.

Stabilito quanto sopra e tenuto conto altresì del grado di formazione e della professionalità dei ricercatori dell'Istituto (non trascurando il fatto che ogni "ricerca" segue dei protocolli specifici di sicurezza e di igiene validati a livello internazionale dai Responsabili della ricerca stessa), si è attuata la seguente procedura per l'aggiornamento del "documento" ex art. 4, comma 2, del D. Lgs. n. 626/1994 alle modifiche introdotte dal D. Lgs. 81/08.

PRIMA FASE: "INDIVIDUAZIONE DEI PERICOLI"

Si è iniziato con un'analisi puntuale delle caratteristiche strutturali dei laboratori, degli impianti e apparecchiature esistenti, delle sostanze utilizzate, dei tempi di esposizione, delle procedure individuate e di quanto altro possa essere utile per ottenere la massima conoscenza della situazione di fatto.

Prima d'ogni altra considerazione si dovrà verificare l'avvenuta attuazione degli interventi di prevenzione e protezione ritenuti adeguati in base ai principi dell'igiene del lavoro. Con riferimento agli obblighi previsti dal Titolo IX del D. Lgs. 81/08, si potrà tener conto delle seguenti considerazioni che sono specifiche per gli agenti chimici pericolosi impiegati nelle attività dei laboratori di ricerca:

- ❖ **possibilità di sostituzione o riduzione degli agenti:** trattandosi di attività di ricerca in uno specifico settore, è molto difficile, in genere, avere la possibilità di sostituirli. Riguardo alle quantità utilizzate nelle singole sperimentazioni, esse sono limitate a quelle minime necessarie per l'esperimento e di solito molto basse;
- ❖ **contenimento dell'esposizione:** occorre verificare l'idoneità delle attrezzature e degli impianti, l'esistenza di dettagliate procedure, l'attuazione di specifici programmi di formazione, l'effettivo utilizzo sistematico delle cappe e l'uso corretto di appropriati DPI; in caso positivo si potrà affermare che il livello d'esposizione è ridotto al valore più basso tecnicamente possibile;
- ❖ **numero dei lavoratori che possono esser esposti:** nelle attività sperimentali, in genere il lavoro è affidato ad un numero prestabilito di operatori, sufficiente per raggiungere le finalità previste;
- ❖ **formazione e informazione:** va tenuto conto del grado di formazione e della professionalità degli operatori negli ambienti di ricerca (non trascurando che talvolta la ricerca segue protocolli specifici di sicurezza e d'igiene validati a livello internazionale dai responsabili della ricerca stessa) e dei responsabili della didattica;
- ❖ **misure tecniche, organizzative e procedurali:** sono da valutare quelle adottate ripetendo che le misure di prevenzione e protezione di carattere generale devono essere prioritarie a qualunque altra valutazione;
- ❖ **situazioni incidentali con esposizioni anomale per i lavoratori:** devono essere ipotizzati i possibili eventi tenendo presente che:
 - stanti le basse quantità di sostanze chimiche pericolose utilizzate in ciascuna sperimentazione e le ugualmente basse quantità in ogni caso presenti sul luogo di lavoro le situazioni incidentali si possono ritenere poco probabili e un versamento casuale può essere rapidamente contenuto, raccolto e destinato allo smaltimento in sicurezza;
 - l'aspetto legato alla movimentazione dei reagenti deve essere tenuto sotto controllo adottando precise procedure comportamentali e utilizzando apposite attrezzature per il trasporto in sicurezza.

Come prima fase della procedura di valutazione del rischio di esposizione (individuazione dei pericoli) ad ogni singolo operatore (ricercatore, contrattista, borsista o tecnico di laboratorio) sono state fatte compilare nuovamente le schede individuali su cui lo stesso ha riportato, per ogni sostanza chimica manipolata, la quantità mensile (per un mese rappresentativo) utilizzata e il tempo, sempre su base mensile, di possibile esposizione alla medesima sostanza nonché la disponibilità di mezzi di protezione collettiva ed individuale.

Dette schede, denominate "Schede di destinazione lavorativa per la ricognizione dei rischi occupazionali finalizzata alla predisposizione delle misure di sicurezza e di igiene nonché alla sorveglianza sanitaria", hanno lo scopo di evidenziare i rischi occupazionali del lavoratore che le compila; in particolare l'Allegato 1 di tali schede è specifico per i rischi da VDT, l'Allegato 2 concerne i rischi da Agenti chimici pericolosi e l'Allegato 3 i rischi Biologici.

Tali schede costituiscono una parte fondamentale del presente aggiornamento del "DOCUMENTO DI VALUTAZIONE DEI RISCHI".

Tipologia della scheda individuale di rilevazione

La scheda deve contenere:

- ✓ i dati individuativi e la tipologia del laboratorio
- ✓ il nome e la firma dell'operatore che compila la scheda
- ✓ il nome e la firma del responsabile del laboratorio

Agente chimico pericoloso	n° CAS	Fraasi di rischio (Rxy) (2)	Tempo d'uso (minuti) (3)	Quantità d'uso (g/ml) (4)	Quantità stoccata (g/ml) (5)

Nota ⁽¹⁾: il mese di riferimento dovrà essere quello più rappresentativo dell'attività nel corrente anno; in caso di variazioni sensibili sarà scelto quello di maggiore attività. Poiché tale mese deve essere lo stesso per tutti i ricercatori del Laboratorio in esame sarà il Responsabile che effettuerà la scelta del mese.

Nota ⁽²⁾: dalla scheda di sicurezza.

Nota ⁽³⁾: dovranno essere indicati i tempi di possibile esposizione – non quelli di utilizzo – del ricercatore nel mese di riferimento.

Nota ⁽⁴⁾: dovranno essere indicate le quantità utilizzate dal ricercatore nel laboratorio nel mese di riferimento.

Nota ⁽⁵⁾: dovranno essere indicate le quantità presenti nel laboratorio, in base al presumibile impiego, nel mese di riferimento, esclusa la quantità contenuta negli appositi armadi di sicurezza od in altri locali.

Per ogni sostanza chimica pericolosa sono prese in considerazione le caratteristiche di pericolosità intrinseca confrontate con gli interventi di prevenzione e protezione attuati e utili a mantenere sotto controllo il rischio connesso; la procedura va poi ripetuta per tutte le sostanze adoperate dallo stesso lavoratore nel mese di riferimento così da poter ricavare un valore somma indicativo (livello "L" d'esposizione complessivo) che tenga conto di tutti gli agenti utilizzati nel periodo.

Per ogni *iesima* sostanza pericolosa utilizzata da ciascun operatore si ricava un valore L_i ; i valori L_i ottenuti per ogni sostanza sono sommati fra loro per esprimere l'esposizione totale L di quel dato operatore ipotizzando in via cautelativa, come detto, che tutte le sostanze dichiarate come utilizzate in un mese siano state utilizzate in un solo giorno in quantità pari al consumo settimanale mediato.

I parametri utilizzati per rapportare gli elementi di rischio della sostanza con gli elementi di prevenzione e protezione attuati consentono il confronto fra tutte le situazioni analizzate; valori più elevati di L indicano evidentemente situazioni di maggior rischio.

Se in base ai parametri utilizzati nella presente analisi si verifica, per un lavoratore, che il livello d'esposizione complessivo L (dovuto a tutte le sostanze pericolose utilizzate dal lavoratore stesso) è inferiore ad 1 si può affermare che gli interventi di prevenzione e protezione sono sufficienti a contenere gli elementi di rischio e quindi la situazione è sotto controllo.

Questa metodologia rappresenta uno strumento semplice e significativo, purché si tenga presente, si ripete, che i parametri impiegati non hanno valore assoluto e sono presi in considerazione, di volta in volta, in funzione delle differenti caratteristiche della sostanza analizzata, dell'ambiente e delle modalità operative. Posto che i pericoli da agenti chimici sono rappresentati dalle sostanze pericolose indicate negli Allegati 2, sulla base di quanto sopra sono stati determinati i parametri che sono necessari ad effettuare la valutazione dei rischi e che, come previsto dalla norma, sono, nel rapporto tra operatore e agente chimico:

- le proprietà intrinseche pericolose dell'agente;
- il livello d'esposizione dell'operatore;
- il tipo di esposizione dell'operatore;
- la durata di esposizione dell'operatore;
- la quantità stoccata (presente nel laboratorio);
- il valore limite dell'agente;
- le misure preventive e protettive adottate;
- i mezzi di prevenzione e protezione.

Infatti gli elementi di rischio sono evidentemente collegati, in ogni caso, alle specifiche proprietà pericolose dell'agente chimico, alle modalità con cui può essere espletata l'azione dannosa da parte dello stesso (cioè se per ingestione, contatto cutaneo o inalazione o una combinazione delle tre), alla durata della esposizione, alla quantità utilizzata e al tipo di attività lavorativa in specie.

Tutti questi elementi sono stati, di seguito, parametrati in funzione delle specifiche caratteristiche di ciascuna sostanza presa in esame.

Si è quindi proceduto ad esaminare gli elementi utili ad impedire o limitare il "contatto" fra operatore e sostanza chimica pericolosa, quali:

- ❖ la presenza di cappe chimiche efficienti;
- ❖ l'esistenza di procedure scritte e formazione specifica;
- ❖ l'uso di indumenti protettivi;
- ❖ l'uso di occhiali;
- ❖ l'uso di guanti;
- ❖ l'impiego obbligatorio di propipette;
- ❖ la presenza di rilevatori gas con blocco di flusso;
- ❖ la presenza di armadi aspirati;
- ❖ le porte antincendio;
- ❖ gli armadi per acidi o basi;
- ❖ la raccolta e smaltimento separato di acidi, basi e solventi organici;
- ❖ l'adeguatezza degli impianti elettrici e di quello di distribuzione del gas;
- ❖ la presenza di estintori portatili e di sistemi fissi antincendio.

Tutti questi elementi, anch'essi parametrati, sono stati confrontati con quelli di rischio e rapportati al valore limite di soglia (**TLV**) di ciascuna sostanza assegnando un valore pari ad 1 quando sconosciuto.

Il **TLV (Threshold Limit Values)** di una data sostanza, come è noto, rappresenta il valore limite della concentrazione ambientale della sostanza considerato accettabile in quanto non dà conseguenze dannose per la salute al 95% della popolazione **esposta per 8 ore al giorno, 5 giorni alla settimana, per 40 anni lavorativi**; fermo restando che è sempre comunque opportuno porre in atto tutti gli interventi ragionevolmente attuabili al fine di mantenere il livello di esposizione più basso possibile e di assicurare la massima sicurezza e salute ai dipendenti (come previsto dal D. Lgs. 81/08).

Per valutare i rischi connessi alle attività di laboratorio che, come visto, sono caratterizzate da esposizioni brevi e diversificate la determinazione del "tempo di esposizione" rappresenta uno degli elementi più importanti per quantificare il rischio dei lavoratori esposti e pertanto dovrà essere quanto più possibile aderente alla reale esposizione che si sta considerando.

Nei laboratori, come detto, non avremo mai un'esposizione continuativa e ripetitiva come avviene nelle attività aziendali per cui si è stato necessario formulare delle ipotesi che, seppur in favore della sicurezza e della salute, tengano conto della realtà lavorativa.

Si è ritenuto pertanto che il tempo complessivo di utilizzo di ciascuna sostanza in un mese di riferimento possa essere considerato, se diviso per il fattore "4" (che indica le quattro settimane del mese), rappresentativo del tempo complessivo settimanale; in via cautelativa si è ipotizzato che detta sostanza sia stata tutta utilizzata in un solo giorno introducendo anche un fattore correttivo di tempo; in maniera ancora più cautelativa si è ipotizzato che, in quel medesimo giorno, siano state parimenti utilizzate anche tutte le altre sostanze indicate dal lavoratore nella propria scheda sommandone pertanto gli effetti.

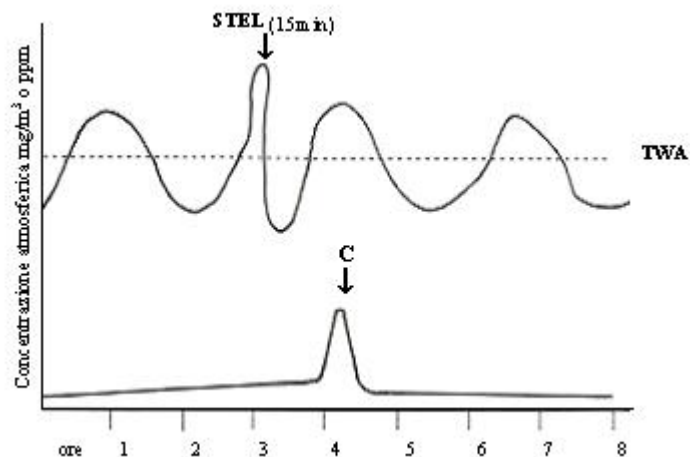
Fattore correttivo di tempo: considerate le modalità effettive di lavoro in un laboratorio di ricerca (nella sua poliedricità e per tempi brevissimi) il tempo di esposizione ricavato non può che essere distribuito nell'ipotetica giornata lavorativa (di 8 ore) presa in esame e, a tale scopo, si è introdotto un fattore correttivo di tempo che tiene conto della specifica modalità di azione della sostanza sulla base della categoria del suo TLV inteso come media ponderata nel tempo (**TWA**), come limite per esposizione a breve termine (**STEL**) e come limite "tetto" da non superare mai (**Ceiling**).

Per definizione il **TLV-TWA** rappresenta la media ponderata delle concentrazioni di una data sostanza nell'aria ambiente, nell'arco delle otto ore della giornata lavorativa di riferimento, che ammette escursioni al di sopra del limite purché compensate da equivalenti escursioni al di sotto; il TLV-STEL rappresenta la concentrazione limite a breve termine, cioè relativa a un periodo di 15 minuti, che può essere raggiunta per non più di quattro volte nell'arco della giornata lavorativa; il TLV-Ceiling rappresenta la concentrazione che non deve essere superata durante qualsiasi momento dell'esposizione lavorativa che, per la significatività del campionamento, si intende di durata pari e non superiore ai 15 minuti.

In considerazione di quanto sopra il tempo di esposizione a ciascuna sostanza indicato dal lavoratore ed elaborato come sopra specificato lo si è spalmato (in una giornata lavorativa di 8 ore) su 480 minuti nel caso di sostanza con il solo TLV-TWA mentre, per sostanze aventi un TLV-STEL, il

fattore correttivo di tempo consente di spalmare il tempo di esposizione sui 15 minuti ripetuti per quattro volte (quindi su 60 minuti); nel caso di sostanze con TLV-Ceiling il fattore correttivo di tempo ci consente di spalmare il tempo di esposizione sui 15 minuti massimi previsti per questo limite (sempre nell'arco di una giornata).

Valori Limite di Soglia	
TLV-TWA Valore Limite di Soglia Media Ponderata nel Tempo	Concentrazione media ponderata nel tempo, su una giornata lavorativa convenzionale di 8 ore e su 40 ore lavorative settimanali, alla quale quasi tutti i lavoratori possono essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno, senza effetti negativi.
TLV-STEL Valore Limite di Soglia Limite per Breve Tempo di Esposizione	Concentrazione alla quale i lavoratori possono essere esposti continuativamente per breve periodo di tempo, purché il TLV-TWA giornaliero non venga superato, senza che insorgano: 1) irritazione; 2) danno cronico o irreversibile del tessuto; 3) riduzione dello stato di vigilanza di grado sufficiente ad accrescere le probabilità di infortuni od influire sulle capacità di mettersi in salvo o ridurre materialmente l'efficienza lavorativa (sempre nel presupposto che il TLV-TWA non venga superato). Il TLV-STEL non costituisce un limite di esposizione separato indipendente, ma piuttosto integra il TLV-TWA di una sostanza la cui azione tossica sia principalmente di natura cronica, qualora esistano effetti acuti riconosciuti. Gli STEL vengono raccomandati quando l'esposizione umana o animale ad alta concentrazione per breve durata ha messo in evidenza effetti tossici. Uno STEL viene definito come esposizione media ponderata su un periodo di 15 minuti, che non deve mai essere superata nella giornata lavorativa, anche se la media ponderata su 8 ore è inferiore ai TLV. Esposizioni al valore STEL non devono protrarsi oltre i 15 minuti e non devono ripetersi per più di quattro volte al giorno. Fra esposizioni successive al valore STEL, devono intercorrere almeno 60 minuti. Un periodo di mediazione diverso dai 15 minuti può essere consigliabile se ciò è giustificato da effetti biologici osservati.
TLV-C Valore Limite di Soglia tetto ("Ceiling")	Concentrazione che non deve mai essere superata durante l'attività lavorativa, nemmeno per un brevissimo periodo di tempo.
(AIDII, 1997)	



SECONDA FASE: "DETERMINAZIONE DEI RISCHI"

L'esame dell'ambiente di lavoro, delle attrezzature e delle dichiarazioni contenute nelle schede Allegati A2 ha mostrato che è costante la presenza contemporanea del "fattore di pericolo" con l'elemento "uomo" e pertanto ne discende che tutti i "pericoli" conseguenti all'uso delle sostanze pericolose dichiarate rappresentano altrettanti "rischi" per il personale stesso.

Con riferimento agli obblighi previsti dai Capi I e II del Titolo IX del D. Lgs. 81/08 si è proceduto prioritariamente a valutare, per gli agenti chimici pericolosi impiegati nei laboratori, i seguenti aspetti.

Per quanto riguarda la possibilità di sostituzione o di riduzione degli agenti si è constatato che, trattandosi di attività di ricerca, non è pensabile di non utilizzare le sostanze più idonee anche se altamente pericolose; ciò vale anche per i chemioterapici antitumorali, i cancerogeni ed i mutageni poiché è indispensabile usare tali sostanze in quanto solo queste sono in grado di interferire con i processi cellulari (spesso questo è ciò che rende una sostanza in grado di modificare i meccanismi di riproduzione cellulare e quindi cancerogena/mutagena); è impossibile pertanto ipotizzare la sostituzione delle citate sostanze.

Relativamente alle quantità utilizzate nelle singole sperimentazioni esse sono sempre molto basse e limitate alle minime quantità necessarie per l'esperimento.

Per il contenimento dell'esposizione non è possibile ipotizzare l'uso di un sistema chiuso omogeneo stante le diversità delle modalità di impiego delle diverse sostanze; si è potuto però verificare che la tipologia delle attrezzature e degli impianti, la preparazione specifica del personale, l'uso di idonei DPI consentono di affermare che il livello di esposizione è ridotto al valore più basso tecnicamente possibile.

Nella valutazione del rischio di esposizione a sostanze cancerogene/mutagene si è proceduto - analogamente a quanto fatto nella valutazione dell'esposizione a sostanze chimiche pericolose - a prendere in considerazione tutti gli elementi utili a definirne l'entità: sono state quindi analizzate le caratteristiche delle lavorazioni, la loro frequenza e durata, i quantitativi comunque utilizzati e la loro concentrazione nonché le possibili vie di penetrazione nell'organismo.

La valutazione delle misure tecniche ed organizzative adottate ha mostrato la loro adeguatezza alle caratteristiche di lavoro così come risultano adeguate le misure igieniche e di formazione e informazione di quanti sono o possono essere esposti a sostanze chimiche con proprietà pericolose.

Stanti le bassissime quantità di sostanze chimiche pericolose utilizzate in ciascuna sperimentazione e le ugualmente basse quantità comunque presenti sul luogo di lavoro non sono ipotizzabili situazioni incidentali con esposizioni anomale per i lavoratori perché anche un versamento casuale può essere facilmente contenuto, raccolto e destinato allo smaltimento in totale sicurezza.

TERZA FASE: "VALUTAZIONE DEI RISCHI CHIMICI PERICOLOSI"

La valutazione del rischio chimico in un laboratorio di ricerca, svolta utilizzando la presente metodologia, si avvale della formula seguente:

$$Lt = \sum_{i=1}^n \frac{R_i * T_i * E_i * Q_i * D_i * A_i}{K_i * TLV_i}$$

che consente di comparare i risultati ottenuti dando una graduatoria di valori che rispecchiano la pericolosità specifica a cui è esposto il singolo lavoratore.

Ciò è ottenuto definendo quali sono le caratteristiche di pericolosità intrinseca di ogni singola sostanza confrontandola con gli interventi di prevenzione e protezione posti in essere per mantenere sotto controllo il rischio connesso con l'impiego della sostanza stessa.

La procedura è ripetuta per tutte le sostanze chimiche pericolose adoperate dal lavoratore (nel mese di riferimento scelto) così da poter ricavare un valore somma indicativo (Livello "Lt" di esposizione complessiva) che tiene conto di tutti gli "n" agenti utilizzati nel mese e che vale per ciascun addetto di laboratorio (nel caso di più persone dello stesso laboratorio aventi una esposizione comparabile - ovvero in cui l'una comprende l'altra - la procedura viene applicata all'addetto maggiormente esposto).

I parametri utilizzati per rapportare gli elementi di rischio dell'agente (posti al numeratore della formula) con gli elementi di prevenzione e protezione adottati (posti al denominatore) consentono di effettuare il confronto fra tutte le situazioni analizzate ($1 \geq Lt \geq 1$); valori elevati di "Lt" (> 1) indicano evidentemente situazioni di maggior rischio in quanto sono preponderanti i rischi (al numeratore) rispetto alle protezioni (al denominatore).

Se in base ai parametri utilizzati durante la valutazione si verifica, per un lavoratore, che il livello di esposizione complessivo "Lt", dovuto a tutte le sostanze pericolose ($\sum Li$) utilizzate dal lavoratore stesso, è inferiore a "1" si può affermare che gli interventi di prevenzione e protezione adottati sono sufficienti a contenere gli elementi di rischio e quindi la situazione è sotto controllo.

Per tener conto della modifica introdotta dal D. Lgs. 81/08 - laddove sostituisce la dizione "rischio moderato" (del D. Lgs. n. 626/94) con "rischio basso per la sicurezza e irrilevante per la salute" - il valore di riferimento, nella presente valutazione, non sarà "1" ma "0,1", ridotto cioè di 10 volte.

Questa metodologia rappresenta uno strumento semplice e significativo purché si tenga presente che i parametri impiegati non hanno valore assoluto e vengono presi in considerazione, volta per volta, in funzione delle differenti caratteristiche della sostanza analizzata.

STRUTTURA DELL'ALGORITMO ADOPERATO

Estratto dalle Linee guida ISPESL per la valutazione del rischio durante l'impiego di agenti chimici pericolosi – Prof. Dario Santoro e Dr. Sandro Giambattistelli

Al fine di determinare i rischi si dovranno prendere in considerazione tutti gli elementi caratterizzanti l'esposizione secondo il seguente algoritmo:

ove:

$$L_t = \sum_{i=1}^n \frac{R_i * T_i * E_i * Q_i * D_i * A_i}{K_i * TLV_i}$$

L_t è il livello globale d'esposizione del singolo lavoratore agli "n" agenti chimici pericolosi;

R_i è la somma dei corrispondenti "fattori di pericolo" caratterizzanti le proprietà pericolose "R" dello iesimo agente chimico pericoloso, indicati dalle specifiche frasi di rischio;

T_i è la somma dei corrispondenti "fattori di esposizione" caratterizzanti il tipo d'esposizione allo iesimo agente chimico pericoloso;

E_i è dato dal valore del "fattore di durata" corrispondente al tempo d'esposizione allo iesimo agente chimico pericoloso nel mese di riferimento;

Q_i è dato dal valore del "fattore d'uso" corrispondente alla quantità dello iesimo agente chimico pericoloso adoperata nel mese di riferimento;

D_i è dato dal valore del "fattore di quantità" corrispondente alla quantità dello iesimo agente chimico pericoloso detenuta nel laboratorio nel mese di riferimento;

A_i è dato dal valore del "fattore di lavoro" corrispondente alle circostanze di lavoro in cui è utilizzato lo iesimo agente chimico pericoloso;

K_i è il fattore di prevenzione e protezione del lavoratore corrispondente al prodotto dei fattori relativi agli elementi di sicurezza e d'igiene presenti ed efficaci contro i rischi dello iesimo agente;

TLV_i è il valore limite della sostanza di riferimento preferendo, quando esistente, il TLV a breve termine.

Nell'algoritmo sono contenuti i parametri che saranno necessari per eseguire la valutazione dei rischi e che, come previsto dalla norma, devono riferirsi a:

- proprietà pericolose dell'agente chimico;
- modalità d'impiego;
- livello d'esposizione;
- tipo di esposizione;
- durata di esposizione;
- quantità stoccata;
- valore limite di esposizione all'agente;
- misure preventive e protettive adottate;
- dispositivi di prevenzione e protezione.

Questi vanno esplicitati nel modo seguente:

Ri: gli elementi di rischio sono evidentemente collegati alle proprietà pericolose dell'agente chimico sulla base delle specifiche frasi di rischio i cui coefficienti si sommano in presenza di più frasi di rischio

Tabella 1 Coefficienti di rischio in funzione della pericolosità dell'agente	
Frasi di rischio "R"	Coefficiente
- cancerogena, mutagena, altamente tossica (T+), esplosiva:	2,5
- tossica (T), tossica per la riproduzione, possibile cancerogena o mutagena; altamente infiammabile (F+), chimicamente instabile, provoca gravi ustioni:	2,0
- nociva (Xn), corrosiva (C), comburente (O), facilmente infiammabile (F), provoca ustioni:	1,6
- irritante (Xi), fonte d'accensione, sensibilizzante, infiammabile:	1,2

Ad esempio, considerando lo Stirene il quale ha frasi di rischio $R = 11 - 20 - 36/38$ e $TWA = 40$, si avrà per:

- $R 11$ (facilmente infiammabile) = 1,6;
- $R 20$ (nocivo per inalazione) = 1,6;
- $R 36/38$ (irritante per occhi e pelle) = 1,2

una $\Sigma R = 4,4$, pari alla somma dei tre coefficienti.

N.B.: Le sostanze cancerogene di categoria 1 e 2 della classificazione CEE (D. 93/21/CEE) e quelle mutagene (R46) avranno sempre valori non inferiori a: $\Sigma R = 9$ e $\Sigma T = 3,6$.

Ti: dipende dalle modalità con cui può essere espletata l'azione dannosa (si veda la Tabella 2) da parte dell'agente (cioè se per ingestione, contatto cutaneo o inalazione o una combinazione delle tre).

Tabella 2 Fattori di esposizione in funzione del tipo di esposizione	
Tipo di esposizione "T"	Fattore di esposizione
- inalazione:	1,3
- contatto con la pelle o con gli occhi:	1,2
- ingestione:	1,1

Ad esempio, considerando sempre lo Stirene, si avrà:

- $R 20$ (nocivo per inalazione) $\longrightarrow T = 1,3$
- $R 36/38$ (irritante occhi e pelle) $\longrightarrow T = 1,2$

per cui l'esposizione, somma dei fattori, viene $\Sigma T = 2,5$

Ei: parametro legato alla durata dell'esposizione

Si ipotizza che la durata dell'esposizione mensile, espressa in minuti e divisa per 4 (ossia le quattro settimane del mese), sia concentrata in un solo giorno; questo tempo d'esposizione va poi diviso per un fattore di tempo (il cui significato è stato chiarito in precedenza) che tiene conto della categoria del TLV dell'agente stesso nel modo seguente:

per TLV-TWA \longrightarrow fattore 480 (esposizione media ponderata distribuita in una giornata di 8 ore ossia 480 minuti);

per TLV-STEL \longrightarrow fattore 60 (esposizione media ponderata distribuita in 60 minuti);

per TLV-Ceiling \longrightarrow fattore 15 (esposizione media ponderata distribuita in 15 minuti).

Pertanto il coefficiente E_i sarà dato dai minuti d'esposizione mensile dichiarati divisi per 4, a loro volta divisi per il fattore tempo corrispondente in base alla categoria del TLV (ossia 480 min, 60 min o 15 min).

Qualora non esista alcun TLV si assume un valore pari ad "1" come media pesata giornaliera.

Qi: parametro legato alla quantità utilizzata

Anche in questo caso le quantità mensili "q" dichiarate nelle schede vanno divise per quattro, ossia le quattro settimane del mese, per avere la quantità reale corretta concentrata in un giorno. Nella Tabella 3 sono evidenziati i fattori d'uso in funzione della quantità utilizzata.

Tabella 3 Quantità di agenti chimici usata e fattore d'uso	
Quantità utilizzata "Q"	Fattore d'uso
$Q \leq 1 \text{ g (ml)}$	1
$1 \text{ g (ml)} < Q \leq 10 \text{ g (ml)}$	2
$10 \text{ g (ml)} < Q \leq 100 \text{ g (ml)}$	4
$100 \text{ g (ml)} < Q \leq 1 \text{ Kg (l)}$	6
$1 \text{ Kg (l)} < Q \leq 5 \text{ Kg (l)}$	8
$Q > 5 \text{ Kg (l)}$	10

Per $Q_1 \leq 1 \text{ g (ml)}$, ossia per quantità assai modeste, non è realistico approssimare utilizzando i fattori e pertanto si può anche considerare la quantità reale divisa per quattro.

Di: parametro legato alla quantità in stoccaggio

Vanno raccolti - tramite apposite schede compilate da ciascun responsabile di Laboratorio - i dati relativi alle quantità significative presenti nel proprio laboratorio per ciascuna sostanza fermo restando che, in caso di presenza di quantità rilevanti, è obbligatorio che le stesse siano riposte in appositi locali di stoccaggio o appositi contenitori.

Nella quantità "D" (a cui corrisponde un fattore di quantità come riportato nella Tabella 4) sono inclusi tutti gli agenti chimici pericolosi presenti nel laboratorio, esclusa la quantità contenuta negli appositi armadi di sicurezza od in altri locali.

Tabella 4 Quantità in stoccaggio e fattore di quantità	
Quantità in stoccaggio "D"	Fattore di quantità
$D = 0$	1,0
$0 < D \leq 100 \text{ g (ml)}$	1,1
$100 \text{ g (ml)} < D \leq 1 \text{ Kg (l)}$	1,2
$1 \text{ Kg (l)} < D \leq 10 \text{ Kg (l)}$	1,4
$10 \text{ Kg (l)} < D \leq 50 \text{ Kg (l)}$	1,8
$D > 50 \text{ Kg (l)}$	2,0

Ai: parametro legato al tipo d'attività lavorativa

A questo corrisponde un fattore di lavoro come riportato nella Tabella 5:

Tabella 5 Tipo di attività lavorativa e fattore di lavoro	
Tipo di attività lavorativa "A"	Fattore di lavoro
A1: manutenzione	1,5
A2: normale lavoro	1,0
A3: pulizia	0,5

Caratterizzazione dei fattori di prevenzione e protezione

Successivamente si procede in questa fase ad esaminare gli elementi utili per impedire o limitare il contatto fra operatore e sostanza chimica pericolosa, chiamati fattori di prevenzione e protezione, a ciascuno dei quali è stato assegnato un valore maggiore di 1, qualora tale fattore è presente, pari ad 1 se è assente (ved. Tabella 6):

Ki: fattori di prevenzione e protezione

Tabella 6		
Fattore di prevenzione e protezione	Valore	
	presente	assente
Cappa efficiente	2,0	1
Procedure scritte e formazione specifica	1,5	1
Indumenti protettivi	1,3	1
Occhiali	1,4	1
Guanti	1,3	1
Propipette obbligatorie	1,3	1
Rilevatori gas con blocco flusso	1,4	1
Armadi aspirati	1,6	1
Impianti elettrici stagni	1,4	1
Porte antincendio	1,5	1
Maschera specifica	1,5	1
Raccolta separata acidi, basi, infiammabili	1,4	1
Armadi antincendio	1,4	1
Estintori	1,4	1
Assenza di proprietà infiammabili	2,9	1

Tutti questi fattori di prevenzione e protezione della Tabella 6, ed eventualmente altri che può essere necessario considerare in specifiche situazioni, sono anch'essi inseriti nella formula di calcolo (algoritmo) quali elementi di contenimento del rischio.

Nell'algoritmo è stato anche considerato - al denominatore in quanto inversamente proporzionale al rischio - il valore limite di soglia di ciascuna sostanza utilizzando i valori limite europei, quando esistenti, oppure i TLV dell'ACGIH. Quando totalmente sconosciuto (ovviamente non perché volutamente non assegnato) è stato attribuito al TLV il valore TWA=1.

L'algoritmo tiene conto di tutti gli elementi caratterizzanti l'esposizione e, come detto, esprime il livello d'esposizione complessiva di ciascun lavoratore alle n sostanze chimiche pericolose utilizzate.

A titolo d'esempio, considerando lo Stirene utilizzato in un dato laboratorio, per un tempo d'esposizione dichiarato di 80 minuti mensili in quantità di 50 ml e con 2 kg in stoccaggio, avremo una durata dell'esposizione "E" data da 80 diviso per 4 (le settimane) diviso 480 (fattore tempo legato al TLV-TWA) pari quindi a 0,042. Gli altri coefficienti sono ricavati in base alle tabelle sopra esposte e tengono conto delle dotazioni di sicurezza del laboratorio (nell'esempio mancano le procedure, i rilevatori di gas, gli impianti elettrici stagni, le porte antincendio e la raccolta separata acidi-basi). In un foglio di calcolo, relativo all'algoritmo, ricaviamo lo specifico valore Li:

Laboratorio XY - STIRENE

Proprietà pericolosa "ΣR":	4,4	Cappa efficiente	2	2
Tipo di esposizione "ΣT":	2,5	Procedure scritte e formazione specifica	1,5	1
Tipo di attività:	1	Indumenti protettivi	1,3	1,3
Durata di esposizione "E":	0,042	Occhiali	1,4	1,4
Quantità utilizzata "Q":	4	Guanti	1,3	1,3
Quantità stoccata "D":	1,4	Propipette obbligatorie	1,3	1,3
		Rilevatori gas con blocco flusso	1,4	1
		Armadi aspirati	1,6	1,6
		Impianti elettrici stagni	1,4	1
		Porte antincendio	1,5	1
		Maschera specifica	1,5	1,5
		Raccolta separata acidi, basi, infiammabili	1,4	1
		Armadi antincendio	1,4	1,4
		Estintori	1,4	1,4
		Assenza di proprietà infiammabili	2,9	1
		Valore limite TWA		20
L_i =	0,004470382			

VERIFICA DELLA SIGNIFICATIVITÀ DEL METODO

La presente metodologia, al fine di valutarne la rispondenza, è stata adottata per la valutazione del rischio d'esposizione a sostanze chimiche pericolose in una struttura universitaria di ricerca. Le sostanze utilizzate in quest'ambiente erano tali da presentare un pericolo intrinseco anche elevato, ma si ritiene che la validità di un processo di valutazione sia proprio nel poter discernere la specifica caratterizzazione del rischio correlato, tenendo conto di tutti i fattori che lo determinano.

Analizzate le schede individuali d'esposizione secondo l'algoritmo si sono ottenuti, per ciascun operatore, dei valori L_i , relativi alle diverse sostanze dallo stesso utilizzate. I valori ottenuti, in genere molto bassi, hanno consentito un confronto delle singole esposizioni globali.

In alcuni casi i valori di L_i sono risultati elevati per cui si è ritenuto utile approfondirne le cause; si è quindi proceduto ad una verifica, tramite un'ulteriore indagine nel laboratorio interessato, circa le specifiche modalità d'impiego della sostanza in questione, al fine di valutare la vera possibilità d'esposizione.

Si è evidenziata un'imprecisione da parte dei ricercatori nella compilazione delle schede; in specie i tempi d'esposizioni indicati si riferivano alla durata complessiva della singola sperimentazione e non al tempo di possibile interazione dell'operatore con la sostanza chimica pericolosa.

Da ciò risulta che è fondamentale introdurre nella formula valori in grado di rispecchiare realisticamente la situazione lavorativa: ad esempio, per quanto riguarda l'esposizione ad un agente, si dovrà considerare non il tempo di generico utilizzo dell'agente stesso, bensì solo il periodo della sua manipolazione, ossia quando la sostanza è nelle condizioni chimico-fisiche di liberarsi nell'aria, interagendo così con il soggetto che la adopera.

Si sottolinea che questi errori in generale tendono ad essere in eccesso e non in difetto e quindi i risultati sono sempre in favore della sicurezza.

I valori, ottenuti in quest'applicazione del metodo ad una situazione reale, sono stati positivi -nel senso che i mezzi, le misure e le procedure adottate, sono risultate in grado di contenere i rischi espositivi- ma è evidente che essi sono strettamente dipendenti dai coefficienti previsti nell'algoritmo che, come già detto, non sono assoluti e mantengono i limiti della loro soggettività.

Per ricercare elementi di validazione all'applicazione dell'algoritmo e poter ottenere, sia pure approssimativamente, indicazioni sulla reale esposizione sono state elaborate delle ipotesi di calcolo prendendo in considerazione alcune delle sostanze liquide utilizzate che presentano caratteristiche chimico-fisiche utili all'elaborazione di un modello di diffusione nella specifica struttura analizzata.

Si è ipotizzato di utilizzare ciascuna di queste sostanze direttamente sul banco di lavoro (senza la cappa), con una superficie libera di 10 cm di diametro, a 24 °C.

Posto che nel laboratorio in esame è presente un sistema di ricambio d'aria pari a 6 V/h, si è considerato un tempo pari a 10 minuti, corrispondente ad un totale ricambio; in questo periodo si è ipotizzato che il volume di un litro al di sopra del pelo libero del liquido raggiunga la saturazione corrispondente alla sua tensione di vapore e diffonda nell'ambiente circostante.

Questo ambiente, per tener conto del maggior gradiente di concentrazione nell'intorno della superficie d'emissione si è considerato limitato a 10 mc.

Le ipotesi così formulate consentono di prevedere la concentrazione della sostanza in esame all'interno di quel volume di 10 mc.

Questi calcoli non tengono volutamente conto, però, della presenza dei sistemi di protezione che, nella realtà operativa, devono essere - e sono - rigorosamente utilizzati.

Dalla procedura citata è emerso che la concentrazione delle sostanze esaminate, nel volume d'aria considerato, è nettamente inferiore al rispettivo TLV con un fattore di sicurezza (rapporto tra TLV e concentrazione stimata), da 40 a 20.000, non tenendo conto, come detto, dei mezzi e sistemi di sicurezza e d'igiene obbligatori.

Anche considerando il minimo fattore di sicurezza che è pari a 40, il confronto nella medesima sostanza tra il valore L_i dato dall'algoritmo e quello ricavato con il modello di diffusione permette di estrapolare le conclusioni positive a tutte le sostanze chimiche prese in considerazione.

Pertanto, si è potuto concludere - ad esclusione degli agenti cancerogeni o mutageni - che, pur in assenza della definizione di "rischio moderato", in considerazione degli studi e delle proposte in merito presentate anche dal Ministero del Lavoro e delle Politiche sociali, nonché dalle Associazioni interessate alla materia (che si basano, per la definizione di rischio moderato, su valori compresi tra $\frac{1}{4}$ e $\frac{3}{4}$ del TLV), la situazione di rischio nella struttura esaminata rientra nei limiti definibili come rischio moderato.

Per quanto riguarda infine gli agenti cancerogeni o mutageni, si è potuto affermare che nel caso specifico, in considerazione del modello di diffusione sopraindicato e dei valori risultanti dalla procedura di valutazione dell'esposizione (tenendo conto delle reali modalità d'impiego e dei sistemi di protezione posti in atto), le concentrazioni a cui possono essere esposti gli addetti ai laboratori presi in esame sono risultate comunque molto basse e, laddove esistenti, sicuramente confrontabili con quelle potenzialmente presenti come ubiquitarie nei normali ambienti di vita.

QUARTA FASE: "MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE"

Misure generali preventive e protettive adottate o da adottare

Al fine di ridurre il rischio di esposizione dei lavoratori ad agenti chimici pericolosi occorre adottare opportune misure generali di tutela quali:

1. la sostituzione di ciò che è pericoloso con ciò che non lo è, o è meno pericoloso. E' opportuno adottare questa misura già in fase di progettazione di una nuova attività lavorativa privilegiando ove possibile processi e sostanze meno pericolose;
2. la progettazione di adeguati processi lavorativi e controlli tecnici, nonché l'uso di attrezzature e materiali adeguati, al fine di evitare o ridurre al minimo il rilascio di agenti chimici pericolosi che possano presentare un rischio per la sicurezza e la salute dei lavoratori sul luogo di lavoro;
3. la fornitura di attrezzature idonee per il lavoro specifico e le relative procedure di manutenzione;
4. la riduzione al minimo del numero di lavoratori che sono o potrebbero essere esposti;
5. la riduzione al minimo della durata e dell'intensità dell'esposizione;
6. le misure igieniche adeguate;
7. la riduzione al minimo della quantità di agenti presenti sul luogo di lavoro in funzione delle necessità della lavorazione;
8. l'applicazione di misure di protezione collettive alla fonte del rischio, quali un'adeguata ventilazione e appropriate misure organizzative;
9. l'applicazione di misure di protezione individuali, comprese le attrezzature di protezione individuali, qualora non si riesca a prevenire con altri mezzi l'esposizione;
10. i metodi di lavoro appropriati comprese le disposizioni che garantiscono la sicurezza nella manipolazione, nell'immagazzinamento e nel trasporto sul luogo di lavoro di agenti chimici pericolosi nonché dei rifiuti che contengono tali agenti chimici.

Nei casi in cui l'esito della valutazione preliminare, dimostri un livello di **rischio irrilevante per la salute e basso per la sicurezza** e che le misure generali di tutela sono sufficienti a ridurre il rischio, non sarà necessaria una valutazione più dettagliata.

Quando la natura dell'attività, come appare inevitabile per la particolarità dei casi esaminati, non consente di eliminare il rischio attraverso la sostituzione dell'agente chimico pericoloso il datore di lavoro garantisce che il rischio sia ridotto mediante l'applicazione delle seguenti misure da adottarsi nel seguente ordine di priorità:

1. progettazione di appropriati processi lavorativi e controlli tecnici, nonché uso di attrezzature e materiali adeguati;
2. appropriate misure organizzative e di protezione collettive alla fonte del rischio;
3. misure di protezione individuali, compresi i dispositivi di protezione individuali, qualora non si riesca a prevenire con altri mezzi l'esposizione;
4. sorveglianza sanitaria dei lavoratori.

Sulla base della presente valutazione del rischio e dei principi generali di prevenzione e protezione, il datore di lavoro adotta le misure tecniche organizzative adeguate alla natura delle operazioni, compresi l'immagazzinamento, la manipolazione e l'isolamento di agenti chimici incompatibili fra di loro, in particolare il datore di lavoro previene sul luogo di lavoro la presenza di concentrazioni pericolose di sostanze infiammabili o quantità pericolose di sostanze chimicamente instabili.

Laddove ciò non sia possibile per la natura dell'attività lavorativa il datore di lavoro deve:

1. evitare la presenza di fonti di accensione che potrebbero dar luogo a incendi ed esplosioni, o l'esistenza di condizioni avverse che potrebbero provocare effetti fisici dannosi ad opera di sostanze o miscele di sostanze chimicamente instabili;
2. limitare, anche attraverso misure procedurali ed organizzative previste dalla normativa vigente, gli effetti pregiudizievoli sulla salute e la sicurezza dei lavoratori in caso di incendio o di esplosione dovuti all'accensione di sostanze infiammabili, o gli effetti dannosi derivanti da sostanze o miscele di sostanze chimicamente instabili.

Le azioni di sorveglianza sanitaria già intraprese

Il datore di lavoro conserva e prende in considerazione i risultati della sorveglianza sanitaria già intraprese allo scopo di integrare la valutazione del rischio e di utilizzare l'esito di tali accertamento per definire correttamente i livelli di rischio.

Al fine di migliorare le condizioni della sicurezza e dell'igiene all'interno dei Laboratori sono state individuate le seguenti ulteriori misure di prevenzione e protezione atte ad eliminare o ridurre i relativi rischi dovuti agli agenti chimici utilizzati:

elenco esemplificativo:

1. sottoporre a sorveglianza sanitaria (la cui periodicità e le modalità saranno stabilite dal Medico competente) per rischi da agenti chimici pericolosi il personale esposto.

2. fornire addestramento e formazione periodica specifica - specie al personale neoassunto - sulle modalità d'uso degli agenti chimici comunque pericolosi, sull'uso delle attrezzature di sicurezza in dotazione, inclusi i DPI, e sulle modalità di manutenzione delle stesse, nonché sui nuovi criteri, dettati dal CLP, relativi alla classificazione, etichettatura ed imballaggio delle sostanze e delle miscele pericolose; i relativi corsi debbono essere registrati e verificati.

3. osservare scrupolosamente, prima della manipolazione degli agenti, le prescrizioni contenute nelle relative schede di sicurezza; predisporre, per gli agenti chimici pericolosi ed i cancerogeni, opportune procedure scritte relative al loro utilizzo in sicurezza, al trasporto ed alla scarica; prevedere, in particolare, procedure scritte, da affiggere, da adottare in caso di incidenti prevedibili (versamenti, rotture, incendi, ecc.).

4. con riferimento ai Laboratori ove è risultato un valore "Lt" > 0,1 sarà necessario intervenire con urgenza per informare e formare coloro che ne fanno parte circa le modalità d'uso degli agenti chimici pericolosi.

5. far verificare periodicamente il numero dei ricambi d'aria nei laboratori in modo che non sia mai inferiore al valore previsto dalla norma e la verifica dell'efficienza delle cappe; far effettuare periodicamente la pulizia dei filtri dei condizionatori.

6. vigilare sulla corretta manutenzione degli estintori antincendio e dotare tutti i Laboratori di una cassetta di primo soccorso.

7. organizzare la raccolta e lo smaltimento separato di acidi, basi e solventi organici;

8. effettuare periodicamente la consistenza e l'efficienza dei DP e dei DPI specifici in dotazione ai lavoratori; instaurare, ove non presente, la tenuta di appositi registri per ciascun laboratorio.

9. far rispettare, scrupolosamente, il divieto di accesso ai laboratori al personale non addetto ai lavori.

10. aggiornare la segnaletica di sicurezza in base ai nuovi pittogrammi introdotti dal CLP.

11. ecc. ecc.

QUINTA FASE: "TEMPI DI ATTUAZIONE"

Le misure di prevenzione e protezione indicate nella quarta fase della procedura saranno attuate - a partire dalla data di approvazione del DVR - secondo i seguenti termini:

1. subito, secondo le indicazioni del Medico Competente
2. prima di adibire il personale al rischio di esposizione e quindi ogni sei mesi
3. subito
4. subito
5. almeno due volte l'anno
6. subito
7. subito
8. subito e quindi ogni tre mesi
9. subito
10. entro tre mesi
11. ecc. ecc.