



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Civile e Ambientale

**MODELLI OCCUPAZIONALI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO A
CONFRONTO: MOVARISCH E ALPIRISCH**

**COMPARISON OF OCCUPATIONAL MODELS FOR THE CHEMICAL RISK
ASSESSMENT: MOVARISCH AND ALPIRISCH**

Relatore: Chiar.ma
Prof. **Maria Letizia Ruello**

Tesi di Laurea di:
Leonardo Vecchiotti

ANNO ACCADEMICO: 2018/2019

INDICE

SCOPO DELLA TESI.....	PAG.3
CAPITOLO 1: INTRODUZIONE.....	PAG.4
1.1 IL CONCETTO DI RISCHIO.....	PAG.4
1.2 CLASSIFICAZIONE DELLE SOSTANZE CHIMICHE.....	PAG.6
1.3 LA SCHEDA DI SICUREZZA.....	PAG.10
1.4 L'UTILIZZO DI MODELLI PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO.....	PAG.13
1.5 VALUTAZIONE DEL RISCHIO.....	PAG.17
CAPITOLO 2: RICHIAMO ALLA NORMATIVA.....	PAG.20
CAPITOLO 3: ALGORITMI UTILIZZATI.....	PAG.23
3.1 MoVaRisCh-MODELLO DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO.....	PAG.23
3.2 Al.Pi.Ris.Ch.-ALGORITMO PIEMONTESE RISCHIO CHIMICO.....	PAG.35
CAPITOLO 4: CASI STUDIATI.....	PAG.47
4.1 CASO 1.....	PAG.47
4.2 CASO 2.....	PAG.52
4.3 CASO 3.....	PAG. 68
CAPITOLO 5: CONCLUSIONI.....	PAG.75
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	PAG. 77
RINGRAZIAMENTI.....	PAG. 79

SCOPO DELLA TESI

Il seguente elaborato è incentrato sulla pericolosità derivante dall'utilizzo di sostanze chimiche in ambiente di lavoro.

Lo scopo è quello di fornire una prima indicazione generale riguardante il concetto di rischio, le sostanze chimiche pericolose, la loro classificazione, quindi i metodi per eseguire una prima valutazione di tipo qualitativo.

Per tale motivo vengono quindi esaminati due tra i possibili algoritmi utilizzabili per eseguire un'analisi qualitativa del rischio per la salute dei lavoratori.

I due modelli sono: MoVaRisCh e Al.Pi.Ris.Ch.

I due algoritmi sono poi applicati a tre casi differenti, in cui sono esaminate mansioni diverse e le relative sostanze impiegate, così da poter confrontare i due sistemi di valutazione.

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

1.1 Il concetto di Rischio

In seguito ad un costante sviluppo delle tecnologie di produzione e di sintesi nel settore chimico, attualmente, un individuo può avere a disposizione numerose sostanze chimiche sia in ambito domestico che in ambito lavorativo, le quali possono essere fonte di un potenziale pericolo.

In Italia con lo scopo di tutelare la salute e la sicurezza dei lavoratori è stato emanato il Decreto Legislativo n.81 del 9 aprile 2008 intitolato “TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO”. Al suo interno in particolare al Titolo IX-“Sostanze Pericolose”, sono contenute tutte le definizioni e i requisiti minimi individuati per la protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti, o che possono derivare, dagli agenti chimici presenti sul luogo di lavoro, o come risultato di ogni attività lavorativa che ne comporti la presenza.

Per Rischio si intende la probabilità di raggiungere, nelle condizioni di utilizzo ed esposizione all’agente chimico, una situazione per cui si possono avere effetti nocivi per la salute e per la sicurezza di un individuo.

L’utilizzo di una sostanza chimica non rappresenta in maniera diretta una fonte di pericolo, tale eventualità dipende dalle sue proprietà cioè dalle caratteristiche chimico fisiche dell’agente e dalle modalità di impiego. A tal proposito si possono distinguere tre tipologie di rischio in base alle proprietà della sostanza usata:

- *Rischi per la Sicurezza:* quando l’agente chimico è in grado di provocare fenomeni fisici acuti (incendi o esplosioni);
- *Rischio per la Salute:* quando l’agente chimico può penetrare all’interno dell’organismo e quindi provocare danni alla salute;
- *Rischio per l’Ambiente:* quando il rilascio della sostanza chimica e la sua diffusione può provocare danni all’ambiente.

Il Rischio è dato dalla combinazione di due fattori P e M:

$$R = f (P, M)$$

P rappresenta la probabilità di accadimento cioè la frequenza con cui un evento può avvenire in un determinato intervallo di tempo, mentre M indica la magnitudo cioè la gravità del danno dovuto a tale fenomeno. Attraverso tale funzione si potrà quindi andare a valutare l'andamento di R e determinare una soglia di rilevanza data da un valore di rischio accettabile R_a .

Il rischio invece derivante dalla particolare condizione che si sta analizzando sarà calcolato attraverso il prodotto tra P ed M:

$$R = P \cdot M$$

Più la probabilità che un evento accada è elevata più il valore del rischio aumenta, in maniera analoga avviene con il valore della magnitudo.

Il confronto di R ed R_a permette di stabilire due condizioni:

- $R \leq R_a$ rischio inferiore all'irrilevante, rischio accettabile;
- $R > R_a$ rischio superiore all'irrilevante, rischio non accettabile.

La prima condizione rappresenta il caso in cui l'utilizzo dell'agente chimico e l'esposizione ad esso non comportano significativi effetti per la salute e la sicurezza e quindi non sono necessari particolari interventi in materia di protezione e prevenzione eccetto quelli previsti al comma 1 dell'Articolo 224 del D.Lgs. n.81 del 2008. Il secondo caso rappresenta invece una condizione inaccettabile dal punto di vista sia della salute che della sicurezza, quindi, oltre a quanto previsto dal comma 1 dell'Articolo 224 del D.Lgs. n.81 del 2008, sono necessari provvedimenti specifici di protezione e prevenzione, dettati dagli Articoli n. 225, 226, 229, 230 dello stesso decreto, necessari a riportare il valore di R al di sotto della soglia limite. Gli interventi di prevenzione permettono di diminuire la frequenza di accadimento e quindi abbassare il valore del rischio mantenendo il danno costante, gli interventi di protezione invece permettono di abbassare il valore del rischio al pari della probabilità.

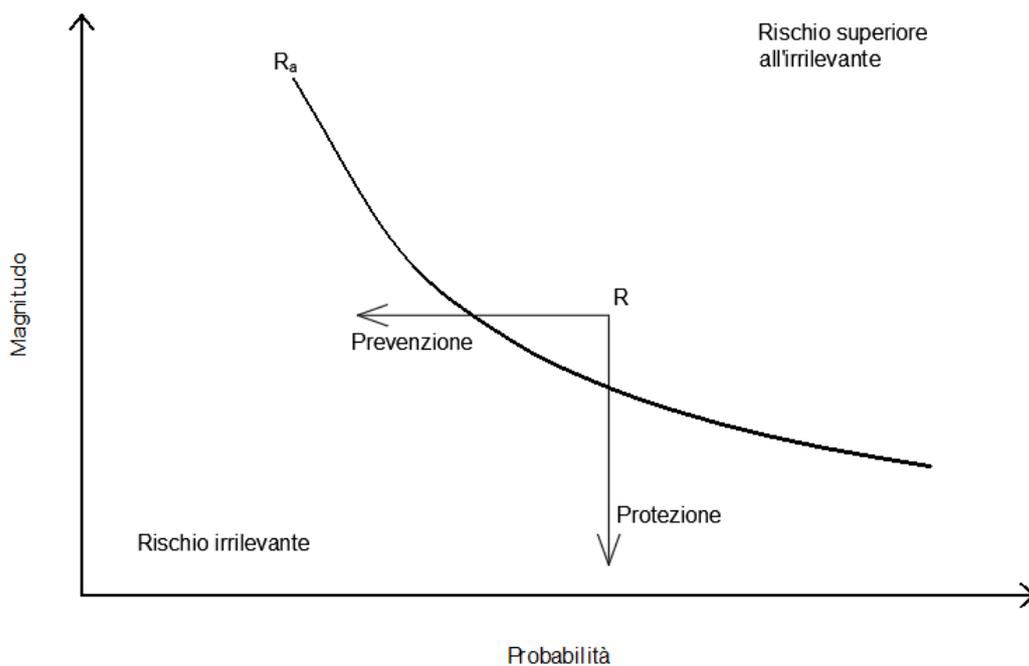


Fig.1: Andamento indice R in funzione di azioni di protezione e prevenzione

La figura 1 mostra come il valore di R è modificato da azioni di protezione e prevenzione, riportandolo al di sotto della soglia accettabile. Il rischio così ottenuto è chiamato Rischio Residuo.

1.2 Classificazione delle sostanze chimiche

Il D.Lgs. n.81 del 2008 all'Articolo 222 del Capo IX fornisce la definizione di agente chimico: "tutti gli elementi o composti chimici, sia da soli sia nei loro miscugli, allo stato naturale o ottenuti, utilizzati o smaltiti, compreso lo smaltimento come rifiuti, mediante qualsiasi attività lavorativa siano essi prodotti intenzionalmente o no e siano immessi o no sul mercato".

Allo stesso articolo viene anche fornita la definizione di agente chimico pericoloso:

- Agenti che soddisfano la classificazione come pericolosi (Regolamento CE n.1272/2008);
- Agenti classificati come non pericolosi, ma che a causa delle loro caratteristiche chimico-fisiche o tossicologiche e nelle modalità con cui vengono impiegati, possono rappresentare un pericolo per la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Quindi un agente chimico sarà definito pericoloso quando:

- È in grado di provocare un fenomeno fisico acuto;
- È pericoloso per la salute;
- È pericoloso per l'ambiente e il danno che esso provoca si ripercuote anche sull'uomo.

Vista la criticità derivante dall'utilizzo di una sostanza chimica è indispensabile conoscere le sue caratteristiche e la sua composizione. Per tutelare la salute e la sicurezza dei lavoratori è necessario quindi adottare un sistema di classificazione che permetta di catalogare in maniera univoca un prodotto in base alla sua pericolosità. A tale scopo esistono a livello internazionale numerosi sistemi di classificazione, mentre a livello europeo vengono utilizzati il Regolamento REACH e il Regolamento CLP.

Il REACH (Registration, Evaluation, Authorisation, and Restriction of Chemical substances) è il Regolamento Europeo (CE) n.1907/2006 entrato in vigore il 1° giugno 2007 riguardante (come espresso dalla stessa sigla) la registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione degli agenti chimici immessi sul mercato. Questo Regolamento va a modificare e/o abrogare i regolamenti precedenti esistenti in Europa riguardanti le sostanze chimiche. Il REACH può essere applicato a tutte le sostanze chimiche singole e a tutte quelle costituenti una miscela, sia in ambito lavorativo che in ambito domestico.

Come viene riportato all'interno del Comma 3, Articolo 1, Capo 1, Titolo I dello stesso Regolamento, vengono attribuite al produttore e al commerciante della sostanza più responsabilità, infatti saranno questi a verificare (attraverso idonee prove) la non pericolosità del prodotto e i rischi connessi al suo utilizzo; segue poi la fase di registrazione di tutte le informazioni e dati ottenuti. L'obbligo di registrazione viene applicato seguendo il principio: "una sostanza una registrazione" (echa.europa.eu REACH); cioè ogni sostanza viene registrata un'unica volta. Per sostanze già classificate questa fase può non essere necessaria oppure essere eseguita solo parzialmente. La fase successiva di valutazione viene invece eseguita dall'autorità competente cioè l'ECHA (European Chemicals Agency), la quale analizza la registrazione e le prove effettuate dal

produttore o rivenditore e decide se autorizzare, bandire o limitare l'uso del prodotto. Tutto questo con lo scopo di sollecitare l'uso e la produzione di sostanze meno pericolose quindi aumentare la protezione della salute, l'utilizzo di sistemi di prova più avanzati e permettere una libera commercializzazione delle sostanze chimiche autorizzate sul territorio europeo.

In aggiunta al REACH è stato approvato il Regolamento CLP (Classification, Labelling and Packaging) (CE) n.1272/2008 sulla classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio delle sostanze e miscele pericolose. Questo metodo di classificazione si basa sul Sistema GHS (Globally Harmonized System) con l'obiettivo di sviluppare un sistema di classificazione armonizzato a livello globale, garantendo un elevato livello di sicurezza e di protezione per la salute e l'ambiente. Con l'introduzione del CLP è stata modificata la Direttiva 67/548/CEE e 1999/45/CE rispettivamente sulle sostanze pericolose e sui preparati pericolosi, integrando il Regolamento REACH. Dal 1° giugno 2015 il CLP rappresenta l'unica normativa per la classificazione ed etichettature delle sostanze in vigore nell'UE diventando vincolante in tutti gli stati membri ed applicabile ad ogni settore. Questa metodologia di classificazione può essere applicata ad ogni sostanza chimica o miscela pericolosa, ad esclusione invece di alcune sostanze riportate all'interno dell'Articolo 1 dello stesso Regolamento come: medicinali e dispositivi medici, cosmetici, alimenti, mangimi, sostanze o miscele radioattive, sostanze intermedie non isolate, sostanze soggette a controllo doganale, sostanze utilizzate per la ricerca scientifica, rifiuti; è escluso anche il trasporto delle sostanze pericolose.

Come nel REACH anche nel CLP vengono applicati degli obblighi nei confronti dei produttori o rivenditori di sostanze, ai quali è imposto di classificare etichettare ed imballare in maniera adeguata, seguendo le direttive imposte dal Regolamento, ogni prodotto prima della vendita. In particolare, viene introdotto un nuovo sistema di classificazione standardizzato che permetta di individuare in maniera univoca le sostanze impiegate e le loro pericolosità intrinseche, e comunicarli in maniera chiara e diretta attraverso etichette e schede di sicurezza (SDS).

Nel regolamento vengono quindi definiti gli elementi da utilizzare per comunicare tutti i pericoli connessi al prodotto chimico analizzato come: pittogrammi, indicazioni di pericolo, consigli di prudenza, le modalità di stoccaggio e smaltimento ecc.

Ad esempio, i pittogrammi sono delle immagini riportate su etichette e SDS, utilizzati per comunicare in maniera immediata i pericoli connessi all'utilizzo di un prodotto chimico. Con l'introduzione del nuovo Regolamento CLP i vecchi pittogrammi stabiliti dalla direttiva 67/548/CEE (simboli neri su sfondo arancione con contorno nero) sono stati sostituiti con nuove immagini utilizzate a livello mondiale e formate da un simbolo nero su uno sfondo bianco con contorno rosso a forma di rombo (Fig. 2).



Fig.2: Esempio di un pittogramma usato attualmente (www.echa.europa.eu)

Le indicazioni di pericolo vengono fornite attraverso una sigla data dalla lettera H seguita da tre cifre e vengono divise in tre gruppi in base alla tipologia di pericolo:

- H2** → pericoli fisici;
- H3** → pericoli per la salute;
- H4** → pericoli per l'ambiente.

Ogni classe è caratterizzata da una serie di categorie attinenti alla tipologia di pericolo trattato; relativamente alla salute, ad esempio, sono previste 29 indicazioni di pericolo come: "H332-Nocivo se inalato". All'interno di ogni tipologia di pericolo vengono anche date delle informazioni aggiuntive usando una sigla differente "EUH + tre numeri" come per esempio: "EUH203-Contiene cromo (VI) può provocare reazione allergica".

Nel CLP sono previste delle indicazioni di prudenza, riportate anche esse attraverso l'uso di una apposita sigla formata dalla lettera P unita a tre numeri, raggruppabili in cinque categorie:

- P1** → carattere generale;
- P2** → prevenzione;
- P3** → reazione;
- P4** → conservazione;
- P5** → smaltimento.

Tutte queste informazioni relative ad una sostanza verranno quindi fornite attraverso le etichette riportate sui prodotti e le relative schede di sicurezza.

1.3 La scheda di sicurezza

Le schede di sicurezza insieme alle etichette, rappresentano i due strumenti principali per trasmettere al consumatore le informazioni ottenute durante la classificazione di una sostanza chimica, in modo da permetterne un corretto utilizzo, stoccaggio e smaltimento evitando così eventuali pericoli ed aumentando il livello di sicurezza e tutela della salute.

Le etichette sono formate da un insieme di informazioni che vengono stampate su un supporto, quindi applicate su contenitori ed imballaggi della sostanza chimica. Al loro interno tutte le informazioni richieste dalla normativa vengono inserite in maniera sintetica, in quanto l'etichetta deve essere uno strumento di consultazione rapido ed affidabile. La loro realizzazione è dettata dal Regolamento CLP il quale stabilisce le informazioni da inserire e le modalità con cui devono essere riportate; gli elementi presenti saranno: le frasi di pericolo (H), i consigli di prudenza (P), i pittogrammi, la denominazione della sostanza e informazioni riguardante il fornitore, in modo da avere così un rapido quadro generale di ciò che si sta utilizzando.

La scheda di sicurezza (SDS), o scheda dei dati di sicurezza ("Safety Data Sheet"), è il principale documento tecnico contenente tutte le informazioni sulle proprietà e i pericoli legati alla sostanza chimica. La SDS è uno strumento che deve essere utilizzato

sia dal datore di lavoro, il quale può verificare se all'interno della propria azienda vengono utilizzate sostanze chimiche pericolose e quindi valutarne i rischi, ma anche dall'utilizzatore il quale venendo correttamente informato può adottare misure e comportamenti idonei per la propria incolumità.

La realizzazione delle schede di sicurezza è normata dall'Allegato II del Regolamento REACH modificato con il Regolamento (UE) 453/2010 e successivamente con il Regolamento (UE) 830/2015 della Commissione. La compilazione è obbligatoria per le sostanze classificate come pericolose dalla Direttiva 67/548/CEE dalla Direttiva 1999/45/CE o dal Regolamento CE n.1272/2008. Il documento di sicurezza è obbligatorio anche per:

- Sostanze persistenti bioaccumulabili o tossiche, sostanze molto persistenti e molto bioaccumulabili;
- Sostanze incluse nella lista di quelle prossime ad una possibile autorizzazione, secondo quanto espresso dall'Articolo 59 del Regolamento REACH;
- Preparati non pericolosi, ma contenenti al loro interno sostanze pericolose in concentrazione $\geq 1\%$ in peso se allo stato solido o liquido, oppure $\geq 0.2\%$ in volume se allo stato gassoso.

La scheda di sicurezza secondo quanto stabilito dalla normativa è strutturata in sedici sezioni:

1. Identificazione della sostanza o della miscela e della società/impresa: sezione contenente il nome commerciale della sostanza ed altre identificazioni, gli usi pertinenti ed informazioni sul fornitore;
2. Identificazione dei pericoli: sezione contenente la classificazione della sostanza, pericoli ed elementi riportati sull'etichetta;
3. Composizione/informazione sugli ingredienti: sezione contenente nomi degli elementi ed impurità presenti nella miscela;
4. Misure di primo soccorso: contiene le misure di primo soccorso da eseguire, i sintomi ed effetti prodotti dalla sostanza e l'eventuale necessità di un medico;
5. Misure antincendio: dispone le misure e i mezzi da usare in caso di incendio;

6. Misure in caso di rilascio accidentale: contiene gli interventi da effettuare per ridurre il possibile danno ambientale e le protezioni da adottare;
7. Manipolazione e immagazzinamento: contiene le indicazioni per l'immagazzinamento e la manipolazione sicura;
8. Controllo dell'esposizione/protezione individuale: fornisce le informazioni riguardanti i valori limite di esposizione professionale cioè il TLV (Threshold Limit Values) dell'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) che si differenzia in tre tipologie:
 - TLV-TWA: valore limite di soglia-media ponderata nel tempo ed è la concentrazione media ponderata sulla giornata lavorativa di otto ore, alla quale quasi tutti i lavoratori possono essere esposti senza alcun effetto;
 - TLV-STEL: valore limite di soglia-limite per breve tempo di esposizione e rappresenta la concentrazione alla quale i lavoratori possono essere esposti per brevi periodi di tempo, purché non venga superato il valore del TLV-TWA giornaliero;
 - TLV-Ceiling: valore di concentrazione che non deve mai essere superato durante l'attività lavorativa anche per piccoli intervalli di tempo;inoltre, sono presenti le misure da adottare per cercare di ridurre l'esposizione;
9. Proprietà fisiche: riporta le informazioni di carattere generale riguardanti aspetto, stato fisico ed altre proprietà fisiche;
10. Stabilità e reattività: riguarda la possibilità di generare reazioni secondarie, le condizioni da evitare, materiali incompatibili e prodotti di decomposizione;
11. Informazioni tossicologiche: indica le possibili vie di esposizione e gli effetti prodotti;
12. Informazioni ecologiche: riporta gli effetti che la sostanza ha sulla natura, la sua persistenza e degradabilità;
13. Considerazioni sullo smaltimento: descrive la corretta gestione e smaltimento dei rifiuti della sostanza/miscela e dei loro contenitori;

14. Informazioni sul trasporto: riporta le informazioni e le precauzioni necessarie per il trasporto/spedizione della sostanza;
15. Informazioni sulla regolamentazione: indica le regolamentazioni e normative inerenti alla sostanza e non riportate nelle sezioni precedenti;
16. Altre informazioni: contiene tutte le informazioni ritenute utili e non incluse nelle sezioni precedenti.

Sia le etichette che le schede di sicurezza devono essere aggiornate nel momento in cui vengono effettuati dei cambiamenti nella composizione oppure sono note nuove informazioni; la versione del documento aggiornata dovrà riportare numero di revisione e relativa data.

1.4 L'utilizzo di modelli per la valutazione del rischio chimico

La valutazione del rischio chimico è definita come: "la valutazione di un possibile effetto avverso sulla salute umana dovuto all'esposizione ad agenti chimici" (WHO 2000: World Health Organization).

Il processo di valutazione può essere diviso in quattro fasi:

1. Identificazione dei pericoli;
2. Valutazione dell'esposizione;
3. Applicazione del modello;
4. Caratterizzazione del rischio.

La valutazione del rischio dovuto all'utilizzo di sostanze chimiche può essere eseguita attualmente attraverso l'uso di modelli matematici, chiamati algoritmi; questi permettono di individuare un processo valutativo, ed effettuare una prima analisi partendo dall'utilizzo di dati di facile reperimento, senza eseguire eventuali misurazioni. Questi programmi lavorano utilizzando una serie di parametri, ai quali viene assegnato un valore e vanno ad influenzare in maniera più o meno significativa il risultato finale. L'analisi sarà tanto più accurata più i parametri considerati, ed il valore a loro assegnato, sono idonei con il tipo di rischio considerato. I fattori utilizzati all'interno del modello vengono elaborati dall'algoritmo attraverso relazioni matematiche che possono essere

ad esempio: una serie di moltiplicazioni, delle relazioni di tipo esponenziale oppure dei modelli grafici.

I fattori individuati ed inseriti all'interno degli algoritmi, una volta elaborati, restituiscono un valore numerico finale che a sua volta viene utilizzato all'interno di una scala graduata (divisa in classi di importanza) la quale restituisce una valutazione qualitativa riguardo il caso analizzato.

Assumono quindi particolare importanza nella struttura degli algoritmi:

- La tipologia di parametri usati;
- Il valore assegnato ai vari parametri;
- La relazione matematica utilizzata per l'elaborazione dei dati;
- La scala di rischio in cui inserire il valore fornito dal modello.

Il rischio chimico generalmente considerato dai modelli sarà di tre tipi:

1. Rischio dovuto ad inalazione;
2. Rischio dovuto a contatto cutaneo;
3. Rischio dovuto ad ingestione.

È utile notare che l'applicazione di un algoritmo per la valutazione del rischio chimico, non deve escludere o diminuire tutte le misure di prevenzione per la salute e la sicurezza dei lavoratori, previste dalle normative previgenti e riportate dal Decreto n.81/2008 all'Articolo 15 ("Misure generali di tutela") della Sezione I, Capo III del Titolo I e quelle previste dall'Articolo 224, Capo I, Titolo IX ("Misure e principi generali per la prevenzione dei rischi"), le quali devono essere applicate, prima dell'inizio di ogni attività lavorativa e prima dell'avvio delle procedure per la valutazione del rischio. L'Articolo n.224 stabilisce che, "fermo restando quanto previsto dall'Articolo 15, i rischi derivanti da agenti chimici pericolosi devono essere eliminati o ridotti al minimo mediante le seguenti misure:

- Progettazione e organizzazione dei sistemi di lavoro sul luogo di lavoro;
- Fornitura di attrezzature idonee per il lavoro specifico e relative procedure di manutenzione adeguate;

- Riduzione al minimo del numero di lavoratori che sono o potrebbero essere esposti;
- Riduzione al minimo della durata e dell'intensità dell'esposizione;
- Misure igieniche adeguate;
- Riduzione al minimo della quantità di agenti presenti sul luogo di lavoro in funzione delle necessità della lavorazione;
- 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 detti agenti chimici".

Qualsiasi sia la metodologia utilizzata, l'algoritmo permette di valutare il rischio chimico per ogni lavoratore, considerando le proprietà intrinseche delle sostanze usate e le modalità di utilizzo. Tra le proprietà studiate non sono comprese le proprietà cancerogene e/o mutagene, le quali ricadono all'interno del Titolo IX Capo II del D.Lgs. n.81/2008. Per le sostanze caratterizzate da tali proprietà non esiste una soglia di irrilevanza per la salute; queste sono quindi oggetto di monitoraggio ambientale, attraverso una valutazione di tipo strumentale. Il campionamento ambientale resta quindi una fase importante in quanto permette di quantificare il reale livello di agente chimico a cui si è esposti. Le valutazioni di tipo strumentale non sono però sempre attuabili, nonostante restituiscono dati più accurati, per questo si ricorre all'uso dei modelli.

L'uso di modelli presenta dei benefici:

- Permettono di predire livelli di esposizione futura;
- Permettono di massimizzare l'utilità dei dati a disposizione;
- Il loro meccanismo può essere adattato in base alle necessità.

Attualmente esiste un'ampia varietà di modelli che possono essere applicati. Questi sono stati sviluppati per soddisfare le diverse necessità e vengono classificati in base al loro campo di applicazione.

Ad esempio, possiamo considerare i modelli ambientali, sviluppati per quantificare l'esposizione umana agli agenti chimici tramite il contatto con l'ambiente naturale. Questi possono essere divisi in: modelli per la concentrazione ambientale e modelli per l'assunzione umana. I primi vengono usati congiuntamente con standard ambientali o valori guida. I secondi vengono usati per quantificare la sostanza chimica assunta attraverso tre vie di esposizione: inalazione, ingestione e contatto cutaneo.

Un'altra tipologia di modelli riguarda la così detta "esposizione alimentare"; sono strumenti sviluppati per stabilire il rischio dovuto all'assunzione di cibo o acqua contaminati.

Esistono poi modelli riguardanti i prodotti di consumo, che valutano la possibile esposizione dovuta alla presenza di inquinanti all'interno di prodotti di uso comune, come detersivi, spray, tessuti ecc.

Viene poi identificato il gruppo contenente i modelli per l'esposizione "professionale", che considerano la possibilità per i lavoratori di entrare a contatto durante la loro attività lavorativa, con sostanze potenzialmente pericolose.

Sebbene tutti i modelli siano accomunati da una serie di problematiche quali incertezza, validità e disponibilità dei dati, la presente tesi si focalizzerà unicamente sulle problematiche dei modelli di esposizione professionale.

Le problematiche derivano dall'incertezza e dalla variabilità dei dati utilizzati, semplificazioni introdotte e tecniche di modellazione. L'incertezza può essere divisa in quattro categorie: incertezza dovuta allo scenario, al modello, variabilità e accuratezza dei dati. La prima tipologia deriva dalle differenze che esistono tra il contesto considerato dal modello e quello realmente analizzato. L'incertezza è dovuta al fatto che il modello non risulta corretto al 100% proprio a causa delle semplificazioni apportate, questo inconveniente può essere limitato utilizzando modelli più accurati e dati di maggior qualità.

La validità rappresenta un altro punto di debolezza in quanto, se il modello non risulta correttamente verificato il risultato che restituisce può essere errato. La bontà del

modello può essere verificata comparando i risultati con campionamenti, oppure attraverso un confronto con altri algoritmi. In questo modo il modello risulta essere credibile ed esente da possibili controversi riguardanti le metodologie usate. È da notare che alcuni modelli (es. LaboRisCh e MoVaRisCh) sono stati sviluppati per scopi differenti quindi risulta difficile confrontare i risultati restituiti, proprio a causa delle differenti metodologie, semplificazioni e parametri usati.

Ultimo punto di criticità è rappresentato dai dati utilizzati (tempo di esposizione, caratteristiche della sostanza, quantitativi usati, punto di emissione), i quali possono essere carenti, a discapito del risultato. Questo fattore può riguardare anche le schede di sicurezza impiegate.

1.5 Valutazione del Rischio

Indipendentemente dalla metodologia utilizzata e quindi dall'algoritmo scelto, la valutazione del rischio segue un percorso comune. Il processo inizia verificando che siano stati applicati correttamente tutti gli interventi di protezione e prevenzione, secondo i principi stabiliti dal D.Lgs. n.81/2008. Successivamente il datore di lavoro determina l'eventuale presenza di sostanze pericolose e quindi si passa all'analisi dei rischi relativi a salute e sicurezza.

Il rischio per la sicurezza è valutato nei casi in cui la sostanza riporta le frasi di pericolo H2** ed EUH*** relative ai fenomeni fisici. Il rischio per la salute invece sarà studiato nel caso di frasi di tipo H3** per la salute e relative EUH***.

Le fasi e gli aspetti da considerare possono essere individuati seguendo lo schema logico riportato in figura (fig. 3), contenuto all'interno del "Manuale per la valutazione del rischio da esposizione ad agenti chimici pericolosi e ad agenti cancerogeni e mutageni", realizzato dal SNPA (Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente).

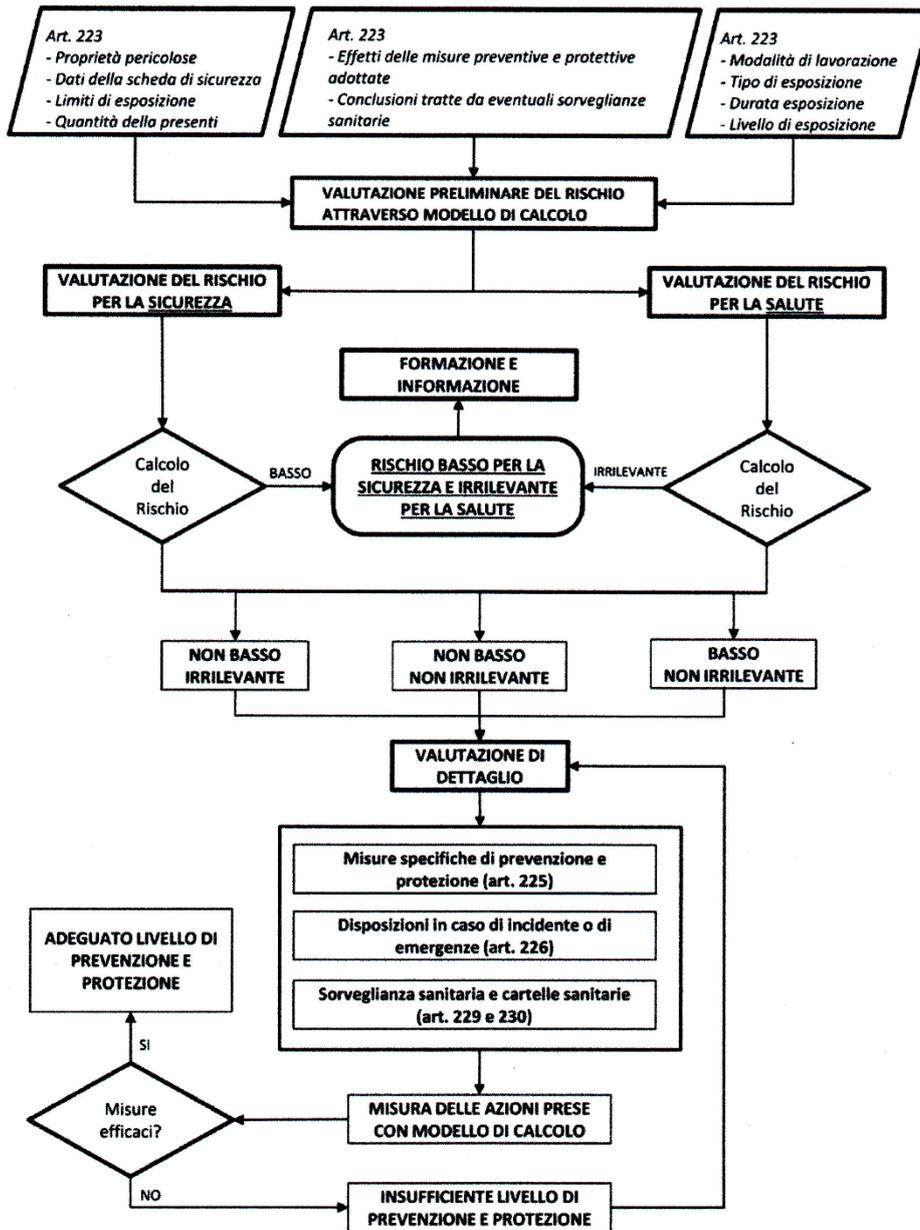


Fig. 3 Schema logico di valutazione del rischio chimico (Linee guida SNPA 05/2017)

Si hanno quindi tre fasi distinte: la raccolta di tutte le informazioni necessarie per la valutazione del rischio, la valutazione dell'esposizione e la caratterizzazione del rischio. Tutti questi fattori sono contenuti all'interno della relazione

$$R = P \cdot E$$

dove il fattore P rappresenta la pericolosità intrinseca dell'agente chimico, che è una caratteristica invariabile e indipendente dal suo utilizzo. L'indice E invece rappresenta il

fattore di esposizione e considera tutti gli aspetti riguardanti l'utilizzo della sostanza come: frequenza d'uso, quantità, modalità di utilizzo ed efficienza delle misure preventive già in atto. Il valore dell'indice P viene ottenuto attribuendo un valore, chiamato "SCORE", alla frase di pericolo H dovuta alla proprietà più pericolosa della sostanza. L'indice E invece viene determinato da una serie di variabili dipendenti dalla via di esposizione considerata, se inalatoria o cutanea (l'ingestione generalmente non viene considerata in quanto è un evento occasionale). La valutazione del rischio è effettuata per ogni postazione e ogni sostanza pericolosa presente, utilizzando il valore di P più elevato. In questo modo si considera la condizione più ostica, a favore però di un'analisi più cautelativa. In base al valore dell'indice R, sarà possibile determinare se il rischio risulta essere irrilevante oppure non irrilevante per la salute.

CAPITOLO 2: RICHIAMO ALLA NORMATIVA

In Europa la normativa di riferimento è la Direttiva 89/391 CEE del Consiglio, adottata nel 12 giugno 1989, la quale stabilisce gli obiettivi che gli stati membri devono perseguire in materia di sicurezza e salute dei lavoratori. Essa, come riportato all'interno del Comma 2 dell'Articolo 1 della Sezione I, comprende i principi generali relativi alla prevenzione dei rischi professionali e alla loro eliminazione, alla protezione della sicurezza e della salute, all'informazione e formazione dei lavoratori, insieme ad altri aspetti fondamentali. Questa ha permesso quindi un miglioramento delle condizioni dei lavoratori, stabilendo delle disposizioni a riguardo sul tutto il territorio comunitario e determinando gli obblighi sia nei confronti del datore di lavoro che dei lavoratori. Successivamente alla 89/391 CEE sono state sviluppate ulteriori direttive inerenti alla salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, tra cui:

- Direttiva 90/394 CEE riguardante la protezione dai rischi dovuti alla presenza di agenti chimici cancerogeni;
- Direttiva 98/24 CE del Consiglio del 7 aprile 1998, riguardante la protezione dai rischi dovuti alla presenza di agenti chimici pericolosi.

Le altre normative di riferimento a livello europeo sono le già citate:

- Regolamento (CE) n.1907/2006 (REACH);
- Regolamento (CE) n.1272/2008 (CLP);

In Italia la salute e la sicurezza in ambito lavorativo sono disciplinate dal "Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro", cioè dal Decreto Legislativo n.81 del 9 aprile del 2008 e successive modifiche, ossia dal D.Lgs. n.106 del 3 agosto 2009 e ulteriori decreti.

Il D.Lgs. n.81/2008 riporta le disposizioni per la protezione dei lavoratori, e determina in maniera chiara le responsabilità e le figure chiave in ambito aziendale attinenti alla salute e sicurezza. Per quanto riguarda le sostanze pericolose il punto di riferimento è rappresentato dal Titolo IX dello stesso Decreto, il quale prevede due capi:

- CAPO I: Protezione da agenti chimici;

- CAPO II: Protezione da agenti cancerogeni e mutageni.

All'interno del Titolo IX si definiscono quindi, come espresso dall'Articolo 221, i requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza, derivanti dagli effetti prodotti da agenti chimici presenti sul luogo di lavoro o come risultato di attività lavorative che ne richiedono la presenza. Il Decreto, secondo quanto riportato nel Titolo IX, viene applicato non solo agli agenti chimici (da soli o in miscuglio) utilizzati durante il lavoro e definiti come pericolosi, ma anche a tutte quelle sostanze che pur non essendo tali comportano un rischio a causa delle loro proprietà e modalità di utilizzo, comprese anche quelle a cui è stato assegnato un valore limite di esposizione professionale. Un esempio è dato dalla lavorazione a caldo di materie plastiche, durante la quale si può avere l'emissione di sostanze nocive nonostante le materie di partenza siano non pericolose.

Nel Comma 2 dell'Articolo 224 del D.Lgs. n.81/2008, la normativa stabilisce il livello che il rischio deve raggiungere perché si producano effetti, questo è definito come "rischio basso per la sicurezza e irrilevante per la salute" per il quale però, come evidenziato anche dalle "Linee Guida SNPA/ 05 2017", non viene fornita una spiegazione chiara e diretta, ma si rimanda ad appositi decreti per stabilirne i metodi di individuazione. Ad esempio, nella direttiva comunitaria il livello di rischio è definito irrilevante, se l'esposizione di un lavoratore ad un agente chimico non ha effetti né sulla salute né sulla sicurezza.

Attualmente non sono stati stabiliti dei criteri univoci che permettono di determinare un rischio basso per la sicurezza ed irrilevante per la salute dei lavoratori e presente anche all'Articolo 224 Comma 2 del sopraccitato Decreto, quindi la fase di valutazione è influenzata dal metodo e dalle decisioni adottate durante l'analisi.

Per gli agenti chimici pericolosi l'individuazione di tale soglia permette di stabilire, come riportato nello stesso Comma 2 dell'Articolo 224, se le misure generali di prevenzione e protezione applicate prima dell'inizio di un'attività lavorativa, permettono di ottenere un livello di rischio sufficientemente basso oppure è necessaria l'applicazione delle disposizioni date dagli Articoli 225, 226, 229 e 230 dello stesso Decreto.

Il limite “basso per la sicurezza ed irrilevante per la salute”, non può però essere applicato per sostanze cancerogene e mutagene. In loro presenza, infatti, il rischio risulta essere elevato indipendentemente dalle modalità di utilizzo degli agenti chimici, proprio a causa della loro pericolosità intrinseca. In questo caso si passa direttamente alla valutazione misurata dell’esposizione applicando quanto viene stabilito all’interno del CAPO II del Titolo IX del D.Lgs. 81/2008.

Tutte le informazioni ottenute durante le fasi di valutazione sono poi riportate all’interno del “Documento di Valutazione dei Rischi” (DVR), che è costantemente aggiornato.

CAPITOLO 3: ALGORITMI UTILIZZATI

In questo capitolo viene fornita una panoramica in merito all'utilizzo degli algoritmi impiegati: MoVaRisCh e Al.Pi.Ris.Ch. . Questa viene effettuata utilizzando i due manuali di riferimento.

3.1 MoVaRisCh – Modello di Valutazione del Rischio Chimico

Il modello MoVaRisCh è l'algoritmo approvato dai gruppi tecnici delle Regioni Toscana, Emilia-Romagna e Lombardia che permette di valutare e classificare il rischio per la salute dei lavoratori, secondo quanto stabilito nel Capo I del Titolo IX del D.Lgs. n.81/2008.

L'analisi del rischio viene eseguita attraverso l'uso di una serie di indici e matrici che rispettano i parametri stabiliti dall'Articolo 223 del D.Lgs. n.81/2008., standardizzando il metodo di valutazione e classificazione del rischio.

Il MoVaRisCh consente di analizzare, in base alla via di esposizione, due tipologie di rischio: inalatorio e cutaneo. La prima tipologia è dovuta ad una inalazione dell'agente chimico, la seconda si ha invece nel caso di contatto cutaneo con la sostanza. Il tipo di rischio considerato influenza le matrici usate all'interno del modello e i relativi parametri impiegati.

La determinazione del rischio prevede l'uso della relazione base:

$$R = P \cdot E$$

che considera con l'indice P, la pericolosità dell'agente chimico, e con l'indice E, il grado di esposizione alla sostanza dovuto alle diverse modalità di impiego. La valutazione inizia quindi, con la fase preliminare di raccolta delle informazioni riguardanti le sostanze impiegate e le tecniche di lavorazione.

In base alla via di esposizione, l'algoritmo determina due indici E_{inal} ed E_{cute} dai quali si ottengono, usando la relazione base, i rispettivi valori del rischio: R_{inal} e R_{cute} .

Questi sono utilizzati per la classificazione dei due rischi, ma anche per il calcolo di un indice cumulativo che consenta di tener presente l'effetto complessivo della sostanza sulla salute:

$$R_{cum} = \sqrt{R_{inal}^2 + R_{cute}^2}$$

Dal valore di R_{cum} l'algoritmo restituisce quindi la classificazione del rischio e le eventuali azioni da intraprendere.

Va sottolineato che il modello non esegue un'analisi del rischio per la sicurezza, inoltre dalla sua valutazione sono escluse le proprietà cancerogene e mutagene certe, per le quali la normativa richiede una apposita metodologia di valutazione.

3.1.1 Indice P

La pericolosità di una sostanza viene valutata attraverso le diverse frasi di pericolo ricavate dalla classificazione. Gli score P vengono ottenuti attribuendo un valore compreso tra 1 e 10 ai diversi codici di pericolo H, differenziando le diverse modalità di esposizione. Score con valori più elevati sono assegnati a vie di esposizione inalatoria, mentre valori più bassi a vie di esposizione cutanea o mucose. Anche all'ingestione è attribuito un punteggio basso, in quanto è considerato un evento sporadico e accidentale. Lo score è stato applicato a: sostanze pericolose, a miscele non classificate pericolose ma che contengono agenti pericolosi, a sostanze dotate di un limite di esposizione, a sostanze non pericolose ma che durante la lavorazione rilasciano agenti pericolosi, ma anche a sostanze e miscele non pericolose e non classificabili tali in alcun modo. Per l'attribuzione del valore di P si fa riferimento alle tabelle, presenti all'interno del modello, nelle quali viene riportato lo score (secondo il Regolamento 1272/2008/CE CLP) associato ai diversi codici di pericolo H. Se una sostanza è caratterizzata da più frasi di pericolo, quindi da più valori di P, in via cautelativa per la valutazione si utilizza il valore più elevato.

3.1.2 Indice E_{inal}

Il valore dell'indice E_{inal} è ricavato dal prodotto tra due ulteriori indici: I (intensità di

esposizione) e d (distanza tra sorgente di emissione della sostanza e lavoratore):

$$E_{inal} = I \cdot d$$

Per la determinazione del valore di I il modello prevede l'uso di quattro matrici in sequenza, all'interno delle quali si considerano cinque variabili.

1) Proprietà chimico-fisiche: considera la possibilità della sostanza di rendersi disponibile in aria. Questo dipende dalla sua volatilità e granulometria. Si hanno cinque classi:

- stato solido/nebbie: la disponibilità è bassa se si nota una scarsa polverosità durante l'uso, oppure media se dopo l'uso la polvere si deposita rapidamente ed è visibile sulle superfici;
- polveri fini: la polvere rimane sospesa in aria per un largo intervallo di tempo, in questo caso la disponibilità è elevata;
- liquido a bassa volatilità;
- liquido ad alta e media volatilità;
- stato gassoso.

La volatilità viene determinata in base alla temperatura di utilizzo della sostanza e alla sua temperatura di ebollizione, usando il seguente grafico:

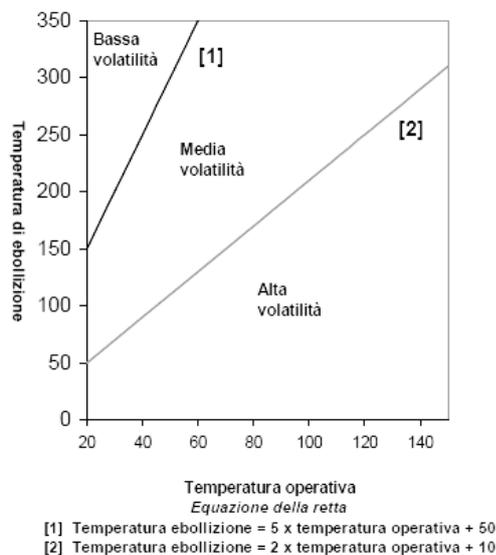


Grafico volatilità (manuale MoVaRisCh)

2) Quantità: rappresenta la quantità di sostanza effettivamente usata durante la giornata lavorativa:

- < 0.1 kg;
- 0.1 – 1 kg;
- 1 – 10 kg;
- 10 – 100 kg;
- ≥ 100 kg.

I primi due parametri vengono quindi combinati all'interno della prima matrice.

Questa permette di ottenere il valore dell'Indicatore di Disponibilità D:

	Quantità in uso				
Proprietà chimico fisiche	< 0.1kg	0.1k ≤ Q < 1 kg	1kg ≤ Q < 10kg	10kg ≤ Q < 100kg	Q ≥ 100kg
Solido/nebbia	Bassa	Bassa	Bassa	Medio/bassa	Medio/bassa
Bassa volatilità	Bassa	Medio/bassa	Medio/alta	Medio/alta	Alta
Media/alta volatilità e polveri fini	Bassa	Medio/alta	Medio/alta	Alta	Alta
Stato gassoso	Medio/bassa	Medio/alta	Alta	Alta	Alta

Valore dell'Indicatore di Disponibilità D	
Bassa	D = 1
Medio/bassa	D = 2
Medio/alta	D = 3
Alta	D = 4

Matrice 1 E_{inal}

Il valore di D ottenuto dalla prima matrice è inserito all'interno della matrice numero due insieme al seguente parametro:

3) Tipologia di utilizzo: è riferito alla possibilità della sostanza di rendersi disponibile in aria e dipende da come essa viene utilizzata:

- uso in un sistema chiuso: la sostanza si trova isolata e non c'è alcun rilascio nell'ambiente;
- uso in inclusione in matrice: la sostanza è miscelata con prodotti che trattengono l'agente chimico, permettendo di ridurre la diffusione nell'ambiente;
- uso controllato e non dispersivo: l'esposizione è adeguatamente controllata e riguarda un numero limitato di lavoratori esperti;
- uso con dispersione significativa: in questo caso l'esposizione è incontrollata e coinvolge i lavoratori ma anche la popolazione circostante.

Quindi si ottiene la seconda matrice, da cui si ricava l'indice U che è un indicatore d'uso:

Tipologia d'uso				
	Sistema chiuso	Inclusione in matrice	Uso controllato	Uso dispersivo
D = 1	Basso	Basso	Basso	Medio
D = 2	Basso	Medio	Medio	Alto
D = 3	Basso	Medio	Alto	Alto
D = 4	Medio	Alto	Alto	Alto

Valore Indicatore d'uso U	
Basso	U = 1
Medio	U = 2
Alto	U = 3

Matrice 2 E_{inal}

Il valore di U viene combinato all'interno della matrice numero tre insieme al seguente parametro quattro:

4) tipologia di controllo: considera le eventuali tecniche adottate per limitare l'esposizione alla sostanza:

- contenimento completo: l'esposizione è resa minima grazie all'utilizzo della sostanza all'interno di un sistema chiuso;
- ventilazione-aspirazione locale: è presente un adeguato sistema di aerazione e captazione che allontana l'inquinante;
- segregazione-separazione: l'esposizione è ridotta attraverso l'uso di idonei spazi di sicurezza ed intervalli di tempo adeguati tra presenza dell'agente chimico e presenza umana;
- ventilazione-diluizione: sono presenti sistemi di aerazione che permettono un adeguato ricambio d'aria;
- manipolazione diretta: il lavoratore è a diretto contatto con l'agente chimico.

Si ottiene quindi la matrice numero tre:

Tipologia di controllo					
	Contenimento completo	Aspirazione localizzata	Segregazione Separazione	Ventilazione generale	Manipolazione diretta
U = 1	Basso	Basso	Basso	Medio	Medio
U = 2	Basso	Medio	Medio	Alto	Alto
U = 3	Basso	Medio	Alto	Alto	Alto

Valore Indicatore di Compensazione C	
Basso	C = 1
Medio	C = 2
Alto	C = 3

Matrice 3 E_{inal}

Dalla precedente matrice si ricava l'Indicatore di Compensazione C utilizzato insieme all'ultimo parametro nella restante matrice.

5) Tempo di esposizione: indica la durata dell'esposizione giornaliera alla sostanza chimica. Se durante l'arco della giornata lavorativa vengono utilizzati più agenti chimici, viene considerato il tempo complessivo di esposizione a tutte le sostanze.

- < 15 min.;
- 15 min. – 2 h;
- 2 h – 4 h;
- 4 h – 6 h;
- > 6 h.

Come già espresso il tempo di esposizione viene inserito all'interno dell'ultima matrice:

Tempo di esposizione					
	T < 15 min	15min ≤ T < 2h	2 h ≤ T < 4h	4h ≤ T < 6h	T ≥ 6 h
C = 1	Bassa	Bassa	Medio/bassa	Medio/bassa	Medio/alta
C = 2	Bassa	Medio/bassa	Medio/alta	Medio/alta	Alta
C = 3	Medio/bassa	Medio/alta	Alta	Alta	Alta

Valore Indice di Intensità I	
Bassa	I = 1
Medio/bassa	I = 3
Medio/alta	I = 7
Alta	I = 10

Matrice 4 E_{inal}

Dall'ultima matrice si ricava il valore dell'indice ricercato I.

Per il calcolo del valore di E_{inal}, oltre all'indice I ricavato in precedenza è richiesto il valore della distanza d. L'indice d rappresenta, appunto, la distanza tra lavoratore e il punto di

emissione dell'agente chimico. Il suo valore cambia in base al valore in metri della distanza considerata:

Distanza in metri	Valori di d
Metri < 1	1
1 ≤ metri < 3	0.75
3 ≤ metri < 5	0.50
5 ≤ metri < 10	0.25
Metri ≥ 10	0.10

Determinati entrambi gli indici è possibile quindi calcolare il valore dell'esposizione dovuta ad inalazione, quindi determinare il relativo rischio con la relazione:

$$R_{\text{inal}} = P \cdot E_{\text{inal}}$$

3.1.3 Indice E_{cute}

Come nel caso del rischio dovuto ad inalazione, anche il rischio per contatto cutaneo prevede la determinazione di un indice E_{cute} . In questa valutazione è considerato solo il contatto con liquidi o solidi, mentre l'esposizione a gas e vapori è considerata ridotta. A differenza del caso precedente, E_{cute} si ottiene attraverso l'uso di una sola matrice che non fornisce ulteriori parametri, ma direttamente l'indice cercato. La matrice richiede l'uso di due variabili.

La prima è la "tipologia d'uso" già discussa nel precedente paragrafo, la seconda invece descrive il numero di contatti che durante l'arco della giornata avvengono con la sostanza ed è il "livello di contatto cutaneo", questa definisce quattro classi:

- nessun contatto;
- contatto accidentale: massimo un solo contatto accidentale al giorno;
- contatto discontinuo: il numero di contatti è compreso tra due e dieci volte al giorno;
- contatto esteso: il numero di contatti supera le dieci volte al giorno.

Queste due variabili vengono inseriti all'interno di una apposita matrice dalla quale si ricava quindi E_{cute} :

	Nessun Contatto	Contatto Accidentale	Contatto discontinuo	Contatto esteso
Sistema chiuso	Basso	Basso	Medio	Alto
Inclusione in matrice	Basso	Medio	Medio	Alto
Uso controllato	Basso	Medio	Alto	Molto alto
Uso dispersivo	Basso	Alto	Alto	Molto alto

Valore Matrice	Valori di E_{cute}
Basso	1
Medio	3
Alto	7
Molto alto	10

Matrice indice E_{cute}

Quindi si determina il valore del rischio cutaneo sempre attraverso la relazione base:

$$R_{cute} = P \cdot E_{cute}$$

Nel caso dell'esposizione cutanea il modello non considera la presenza di eventuali dispositivi di protezione utili per minimizzare il rischio.

3.1.4 Agenti pericolosi derivanti da attività lavorative

Il modello permette di valutare il rischio derivante dalla produzione di sostanze pericolose durante un'attività lavorativa, anche se gli agenti di partenza non sono classificati tali. In questa situazione l'algoritmo non considera l'esposizione cutanea, quindi il valore del rischio è dato solo da:

$$R = P \cdot E_{inal}$$

In questa circostanza sussistono delle problematiche riguardanti la difficoltà nello stabilire il valore dell'indice P, infatti non è noto con esattezza quale sia l'agente chimico sviluppato e la sua quantità.

Per determinare P è necessario stabilire l'entità dell'emissione della sostanza (bassa o elevata), quindi associare al presunto agente chimico sviluppato una possibile classificazione, con lo scopo di ottenere il valore dell'indice P.

Per la determinazione di E_{inal} si utilizza la stessa relazione vista nel paragrafo 3.1.2

($E_{inal}=I \cdot d$), ma questa volta viene ricavata utilizzando due matrici e tre variabili (anche esse studiate nel paragrafo 3.1.2):

- quantità di materia prima usata;
- tipologia di controllo: a differenza della definizione precedente viene eliminata la "manipolazione diretta" in quanto ci si riferisce all'agente prodotto e non a quello utilizzato;
- tempo di esposizione.

Le due matrici, usate in sequenza, permettono di ottenere il valore di I che è quindi moltiplicato per la distanza d (d mantiene gli stessi valori visti in precedenza).

Quantità in uso	Tipologia di controllo			
	Contenimento completo	Aspirazione localizzata	Segregazione separazione	Ventilazione generale
< 10 kg	Basso	Basso	Basso	Medio
$10 \leq Q < 100$ kg	Basso	Medio	Medio	Alto
≥ 100 kg	Basso	Medio	Alto	alto

Valori Indicatore di Compensazione C	
Basso	C = 1
Medio	C = 2
Alto	C = 3

Matrice 1 A E_{inal}

	Tempo di esposizione				
	T < 15 min	15min ≤ T < 2h	2 h ≤ T < 4h	4h ≤ T < 6h	T ≥ 6 h
C = 1	Bassa	Bassa	Medio/bassa	Medio/bassa	Medio/alta
C = 2	Bassa	Medio/bassa	Medio/alta	Medio/alta	Alta
C = 3	Medio/bassa	Medio/alta	Alta	Alta	Alta

Valore Indice di Intensità I	
Bassa	I = 1
Medio/bassa	I = 3
Medio/alta	I = 7
Alta	I = 10

Matrice 2 A E_{inal}

3.1.5 Valutazione del rischio

Utilizzando correttamente il modello si perviene quindi ad un valore di R.

Il valore dell'indice ottenuto dipenderà dal tipo di esposizione (cutanea ed inalatoria), ed è possibile considerare come già visto, un valore di tipo cumulativo nel caso in cui l'agente chimico prevede entrambe le vie di assorbimento.

L'indice ricavato viene utilizzato all'interno della tabella seguente, che restituisce la classificazione del rischio in base al valore assunto da R. La tabella risulta essere divisa in classi a rischio crescente, con una zona verde di rischio irrilevante per la salute e due zone rosse che indicano invece un rischio di tipo non irrilevante. È presente anche una fascia arancione di incertezza che richiede, per una corretta valutazione, una revisione dell'analisi effettuata ed un consulto di tipo medico.

Il valore usato nella tabella è R_{cum} se l'analisi riguarda entrambe le vie di esposizione, altrimenti si utilizza il valore di R ottenuto in base alla categoria di rischio.

Valori di R	Classificazione del rischio
$0.1 \leq R < 15$	ZONA VERDE Il rischio è irrilevante per la salute, è richiesta comunque un consulto con il medico competente
$15 \leq R < 21$	ZONA ARANCIO Intervallo di incertezza. È necessario, prima della classificazione del rischio, rivedere con scrupolo l'assegnazione dei vari punteggi, rivedere le misure di prevenzione e protezione adottate e consultare il medico competente per la decisione finale.
$21 \leq R \leq 40$	Rischio superiore al rischio chimico irrilevante per la salute. Applicare gli Articoli 225, 226, 229 e 230 del D.Lgs. n.81/2008.
$40 < R \leq 80$	Zona rischio elevato.
$R > 80$	Zona di grave rischio. Riconsiderare il percorso di identificazione delle misure di prevenzione e protezione ai fini di una loro eventuale implementazione. Intensificare i controlli come: sorveglianza sanitaria, misurazione degli agenti chimici e periodicità della manutenzione.

Tabella di classificazione del rischio (Manuale MoVaRisCh)

La valutazione del rischio deve essere effettuata per ogni lavoratore e sostanza impiegata, utilizzando in via cautelativa il valore di R più alto ottenuto. Secondo quanto stabilito dal Comma 3 dell'Articolo 223 del D.Lgs. n.81/2008, nel caso di attività lavorative che comportano l'esposizione a più agenti chimici pericolosi, i rischi sono valutati in base al rischio che comporta la combinazione di tutti i suddetti agenti chimici. Cioè si considera, tra tutte le sostanze usate, l'agente chimico con il valore di P più elevato; la valutazione è quindi riferita alla sua quantità e relative modalità d'impiego, ma per il tempo si adotta la durata complessiva di esposizione a tutti gli agenti chimici impiegati durante la giornata lavorativa.

Sempre per fini cautelativi l'analisi viene eseguita considerando la giornata lavorativa in cui l'esposizione è maggiore.

È importante ribadire che questo modello non considera le proprietà riguardati la cancerogenicità e mutagenicità, inoltre la determinazione dell'indice E richiede una attenta analisi delle attività lavorative, del ciclo tecnologico utilizzato e dei valori assegnati ai vari parametri. In ogni caso l'analisi è guidata da un approccio di tipo conservativo, che in caso di incertezza privilegia le condizioni che portano ad una situazione più gravosa per il lavoratore.

3.2 Al.Pi.Ris.Ch. – Algoritmo Piemontese Rischio Chimico

L'Al.Pi.Ris.Ch. è il modello per la valutazione del rischio dovuto all'esposizione ad agenti chimici della Regione Piemonte, nel quale vengono considerate le variabili previste nel Comma 1 dell'Articolo 223 del D.Lgs. n.81/2008.

L'analisi viene eseguita considerando lo svolgimento di una normale giornata lavorativa, quindi vengono escluse tutte le situazioni che portano ad eventi di tipo improvviso ed acuto, cioè vengono escluse le situazioni di tipo eccezionale.

L' Al.Pi.Ris.Ch. non restituisce una valutazione del rischio per la sicurezza inoltre non è applicabile alle frasi inerenti alla cancerogenicità e mutagenicità. Quindi l'algoritmo utilizzando dati di tipo qualitativo, come la pericolosità di una sostanza o la tipologia di impianto, permette di ottenere una classificazione del rischio per la salute.

Il modello utilizza un sistema di indici e matrici, restituendo un'analisi chiara e sintetica. Al suo interno è prevista una valutazione sia del rischio inalatorio che del rischio cutaneo. Nel primo caso sono possibili valutazioni qualitative e quantitative, queste ultime ottenibili, quando fattibili, attraverso l'uso di campionamenti; nel secondo caso è eseguibile solo una stima del rischio.

Il sistema al fine di unificare la modalità di analisi stabilisce un percorso logico da seguire, il quale prevede dei passaggi preliminari.

Si inizia raccogliendo tutte le informazioni riguardanti i prodotti chimici usati, ricavabili dalle schede di sicurezza o da altre valide fonti.

Si procede quindi alla raccolta di dati, definiti dal modello, biostatistici, cioè dati riguardanti le reali condizioni di esposizione. La presenza di tali informazioni conferma un livello di rischio non irrilevante per la salute, richiedendo un'analisi più approfondita. Nel caso in cui i suddetti dati siano latenti, il sistema prosegue con l'utilizzo di una metodologia semplificata detta "Cut Off".

Indipendentemente da questi passaggi il sistema permette comunque di eseguire la valutazione del rischio.

Come già detto, per il rischio inalatorio l'algoritmo prevede sia una forma stimata della valutazione che una forma misurata, ma nel presente lavoro verrà considerata solo la prima modalità di analisi.

3.2.1 Cut Off

Il "Cut Off" è una procedura che agevola la valutazione, consentendo di non eseguire un'analisi approfondita se vengono soddisfatte delle condizioni su pericolosità, quantità e modalità d'uso, le quali sono:

- A) tipologia di sostanza:
 - 1-sostanze e miscele non classificate come pericolose;
 - 2-sostanze pericolose con frasi: H302, H319, H315, EUH066 e H4**;
- B) sostanze a bassa disponibilità:
 - 1-solidi con bassa tendenza a rompersi;
 - 2-liquidi la cui temperatura di ebollizione è superiore a 150°C;
- C) tipologia di processo:
 - 1-senza apporto di energia meccanica;
 - 2-non in pressione;
 - 3-senza introduzione o sviluppo di energia termica;
- D) quantità di sostanza usata giornalmente inferiore a 100 grammi.

L'algoritmo permette di applicare il "Cut Off" se è soddisfatta la condizione A1+C oppure A2+B+C+D. Nel caso in cui una delle due condizioni è soddisfatta, il rischio viene considerato irrilevante per la salute. Se invece ciò non avviene si prosegue con l'applicazione dell'algoritmo, quindi con la valutazione del rischio inalatorio e cutaneo.

3.2.2 Indice di Rischio Inalatorio (IR_i)

La valutazione del rischio inalatorio viene condotta attraverso la combinazione di tre variabili:

- gravità intrinseca della sostanza (M);
- durata dell'esposizione (D);
- esposizione (E);

alle quali il modello applica un punteggio compreso tra un minimo di 0.5 e un massimo di 5 in base al caso studiato.

Le variabili D ed E vengono combinate insieme ed il risultato ottenuto, che è rappresentato dalla probabilità di esposizione, in unione con il valore di M restituisce attraverso un semplice prodotto, l'indice IR_i cercato.

Come spiegato pocanzi le variabili utilizzate sono:

- Gravità (M): il valore dell'indice M viene ottenuto attribuendo un punteggio da 1 a 5 in base alla pericolosità della sostanza, deducibile dalla classificazione. Per la scelta del valore di M è previsto l'uso di una tabella (presente all'interno del modello), nella quale sono contenuti i diversi punteggi in base alle indicazioni di pericolo H (definite dal Regolamento (CE) n.1272/2008 CLP e smi) della sostanza e ai limiti di esposizione occupazionale (TLV o OEL). Se una sostanza chimica è caratterizzata da più frasi di pericolo, ognuna di queste deve essere considerata per la valutazione del rischio; ciò riguarda anche le sostanze cancerogene e mutagene che presentano ulteriori frasi di pericolosità, differenti rispetto a quelle relative a cancerogenicità e mutagenicità.

Se il prodotto invece risulta privo di classificazione, cioè privo di frasi H, allora per l'attribuzione dello score si fa riferimento ai limiti di esposizione.

- Durata (D): rappresenta il periodo di tempo durante il quale il lavoratore è soggetto all'esposizione del prodotto chimico utilizzato o altre sostanze.

Il valore del coefficiente D viene determinato eseguendo una misurazione dell'effettivo tempo di esposizione, oppure attraverso una stima dello stesso. L'intervallo di tempo valutato è inserito all'interno dell'apposita tabella dalla quale è possibile ricavare l'indice D.

Utilizzo	Occasionale	Frequente	Abituale	Continuo
Giorno	T < 30 min.	30 min. ≤ T < 2h	2 h ≤ T < 4 h	T > 4 h
Settimana	T < 4 h	4 h ≤ T < 10 h	1 d ≤ T < 3 d	T > 3 d
Mese	T < 2 d	2 d ≤ T < 6 d	6 d ≤ T < 15 d	T > 15 d
Anno	T < 20 d	20 d ≤ T < 2 mesi	2 ≤ T < 5 mesi	T > 5 mesi
Percentuale	T < 10%	11% ≤ T < 25%	26% ≤ T < 50%	T > 50%
SCORE	1	2	3	4

Tabella Durata (D)

Il punteggio di D varia quindi con la durata dell'esposizione assumendo un valore compreso tra 1 e 4.

Lo score relativo alla durata può essere ottenuto anche in base alla percentuale del tempo di esposizione.

- Indice di Esposizione Inalatoria Stimato (E_i): il fattore E_i , che indica il grado di esposizione alla sostanza, viene ottenuto analizzando i vari aspetti riguardanti le modalità di lavorazione e le proprietà fisiche dell'agente chimico. Tale indice è riferito alla mansione. Qualora questa è composta da più fasi oppure una stessa sostanza è adoperata in più modi, ogni operazione svolta è analizzata singolarmente. Si ottengono così più valori di E_i . Per la valutazione del rischio è utilizzato l'indice che comporta un'esposizione maggiore.

Anche per le sostanze utilizzate contemporaneamente è previsto uno schema di valutazione che tiene conto dell'effetto complessivo:

- se le sostanze usate presentano più frasi di rischio uguali, viene eseguita la somma delle quantità delle frasi coincidenti;

- se le sostanze usate presentano differenti categorie di pericolosità, ogni tipologia di pericolo forma un gruppo omogeneo che è considerato singolarmente. Si esegue quindi la somma delle quantità delle sostanze caratterizzate dalla stessa indicazione di pericolo.

La determinazione di E_i viene effettuata attraverso l'uso di quattro fattori correttivi, dipendenti dalla modalità di esposizione, applicati ad un valore iniziale riferito alla quantità. Si inizia quindi dalla quantità di sostanza o miscela usata giornalmente da ogni addetto, alla quale viene associato un valore da 1 a 5 secondo la seguente tabella:

Q	Kg o litri di sostanza usati giornalmente da addetto
1	$Kg/L \leq 0.1$
2	$0.1 < Kg/L \leq 1$
3	$1 < Kg/L \leq 10$
4	$10 < Kg/L \leq 100$
5	$Kg/L > 100$

Tabella Quantità (Q)

Il valore di Q è quindi modificato sommando i quattro fattori correttivi; questi possono assumere valore positivo o negativo in base alla loro influenza sulle condizioni espositive: positivo se ne causano un aumento negativo in caso contrario.

I fattori sono quindi:

1. Stato fisico: rappresenta la possibilità della sostanza di rendersi disponibile in aria in base alla sua condizione fisica e per la quale sono previsti sette indici:
 - . gas (+1);
 - . liquido a bassa volatilità (0);
 - . liquido a media volatilità (+0.5);

- . liquido ad alta volatilità (+1);
- . solidi: durante l'utilizzo non producono polvere (0);
- . solidi: durante l'uso la polvere prodotta si deposita rapidamente sulle superfici (+0.5);
- . polveri fini: la polvere prodotta tende a rimanere sospesa in aria (+1);
- . presenza simultanea di sostanze con stato fisico differente (+1);

la volatilità dei liquidi viene giudicata dal rapporto tra temperatura di ebollizione e temperatura di utilizzo secondo il seguente grafico:

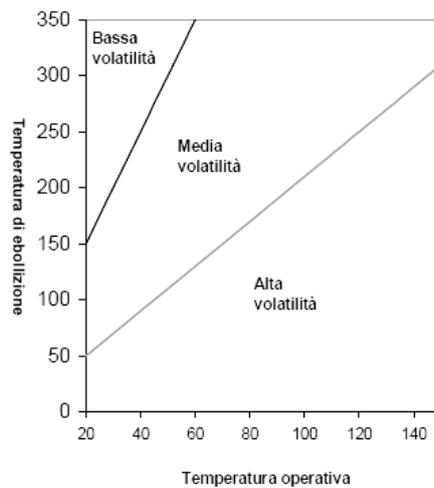


Grafico volatilità (manuale Al.Pi.Ris.Ch.)

2. Tipologia di impianto: è riferita sempre alla disponibilità della sostanza, ma in questo caso dipende dal tipo di impianto utilizzato:
 - . ciclo chiuso e confinato: il processo avviene completamente in automatico e in ambiente stagno (-3);
 - . ciclo confinato ovvero segregato e in depressione rispetto all'esterno: il processo avviene in depressione rispetto all'esterno, senza intervento degli operatori o con interventi di breve durata (-2);

- . ciclo confinato ovvero segregato e in depressione rispetto all'esterno: in questo caso le operazioni non avvengono in automatico ma vengono effettuate dagli operatori all'esterno dell'area confinata (-1);
 - . ciclo confinato ma non in depressione: l'operazione viene sempre eseguita manualmente ed il ciclo non è più in depressione (-0.5);
 - . ciclo aperto o non confinato e senza intervento degli operatori (0);
 - . ciclo aperto o non confinato e con intervento degli operatori (+1).
3. Tipo di processo: riguarda le modalità di lavorazione:
- . in pressione (+0.5);
 - . con apporto di energia termica: da considerare solo per sostanze solide (+0.5);
 - . con apporto di energia meccanica, agitazione meccanica, insufflazione di gas, uso di mole, apporto di energia elettrica (+0.5);
- è possibile sommare gli indici se il ciclo produttivo è formato da più processi.
4. Dispositivi di protezione tecnica: esamina la presenza di dispositivi utili per diminuire l'esposizione:
- . ventilazione generale in grado di garantire 5 ricambi d'aria ora (-0.5);
 - . aspirazione localizzata applicabile in caso di ciclo aperto e se in grado di garantire una velocità minima di aspirazione (-1).

Quindi al valore di Q vengono sommati tutti i suddetti coefficienti correttivi. Da tale operazione si ottiene quindi il valore dell'indice di esposizione inalatorio E_i , che sarà usato insieme al coefficiente D, ricavato dalla durata, nella matrice seguente:

Indice di Esposizione Inalatoria E_i	Durata (D)			
	1	2	3	4
0.5	1	2	2	2
1	2	3	3	4
1.5	3	5	5	6
2	4	6	7	8
2.5	6	8	9	10
3	7	9	10	12
3.5	8	11	12	14
4	9	12	14	16
4.5	10	14	15	18
5	11	15	17	20

Matrice Probabilità di esposizione P_i

Da questa si ricava il valore di P_i cioè della probabilità di esposizione; moltiplicando P_i con il valore della gravità M si ottiene l'indice di rischio inalatorio stimato.

$$IR_i = P_i \cdot M$$

3.2.3 Indice di Rischio Cutaneo (IR_c)

L'indice IR_c rende possibile considerare il rischio dovuto all'eventuale contatto o assorbimento cutaneo, causato dall'utilizzo di una sostanza chimica. Questa valutazione viene eseguita quando la sostanza in analisi presenta frasi di pericolo specifiche per la pelle, oppure sono noti possibili effetti cutanei. Il rischio cutaneo viene ricavato attraverso il prodotto:

$$IR_c = P_c \cdot M$$

La relazione ora non prevede la somma di coefficienti correttivi, ma l'uso in sequenza di tre matrici all'interno delle quali si considerano tre fattori.

1. Gravità (M): anche per il rischio cutaneo l'algoritmo prevede l'uso di una apposita tabella (presente all'interno del manuale del modello) per l'attribuzione di uno score che varia da 1 a 5. Come per l'attribuzione dello score M per l'indice

IR_i, la valutazione deve essere eseguita per tutte le sostanze con indicazioni di pericolo presenti all'interno della suddetta tabella, oppure per quei prodotti che contengono un valore limite di esposizione riferito alla cute.

2. Durata (D): uguale a quanto previsto per il rischio inalatorio.
3. Indice di Esposizione Cutanea (E_c): prevede l'uso di tre variabili combinate nelle prime due matrici :
 - . quantità (Q): compresa tra 1 e 5 analogamente a quanto stabilito per IR_i;
 - . modalità di contatto cutaneo (C): descrive come avviene il contatto, secondo la seguente tabella:

C	Modalità di contatto cutaneo
1	Possibile contatto involontario
2	Manipolazione di oggetti contaminati
3	Dispersione manuale
4	Dispersione meccanica o spray
5	Immersione

Tabella Modalità di contatto cutaneo (C)

. superficie interessata dal contatto (S): cioè quale parte del corpo è coinvolta dal contatto con la sostanza, escludendo la presenza di protezioni. Se la modalità di contatto è rappresentata da una dispersione, la superficie esposta sarà superiore ad una mano o comunque ad una piccola porzione di pelle, quindi S assume il valore massimo.

S	Superficie esposta
1	Piccola superficie esposta
2	Mano
3	Mano e avambraccio o due mani
4	Superficie maggiore di una mano e avambraccio

Tabella Superficie esposta (S)

C e Q sono quindi inseriti all'interno della prima matrice dalla quale si estrapola l'Indice di Dose Cutanea (I_c).

		Modalità di contatto cutaneo (C)				
Quantità (Q)		1	2	3	4	5
1		1	1	2	3	4
2		1	2	3	4	5
3		2	2	3	5	5
4		3	3	4	5	5
5		4	4	5	5	5

Matrice 1 Probabilità di esposizione P_c

Dunque, I_c ed S vengono utilizzati nella seconda matrice da cui si ottiene il valore dell'Indice di Esposizione Cutanea (E_c) cercato.

		Superficie Esposta (S)			
Indice di dose cutanea (I_c)		1	2	3	4
1		1	2	3	4
2		2	3	4	4
3		3	4	4	5
4		3	4	5	5
5		4	5	5	5

Matrice 2 Probabilità di esposizione P_c

Si passa infine all'utilizzo dell'ultima matrice in cui E_c è usato insieme al coefficiente D rappresentativo della durata, dalla quale deriva il valore della Probabilità di Esposizione (P_c).

Indice di esposizione cutanea (E _c)	Durata (D)			
	1	2	3	4
1	2	3	3	4
2	4	6	7	8
3	7	9	10	12
4	9	12	14	16
5	11	15	17	20

Matrice 3 Probabilità di Esposizione P_c

Quindi si ottiene il valore dell'Indice di Rischio usando la relazione:

$$IR_c = P_c \cdot M$$

3.2.4 Valutazione del Rischio

I due indici di rischio IR_c e IR_i sono quindi adoperati per ottenere un coefficiente che permetta di considerare entrambi gli effetti causati dalla sostanza, cioè un valore unico del rischio che contenga al suo interno sia il pericolo associato all'inalazione della sostanza, sia il pericolo associato ad una eventuale esposizione cutanea. Questa rappresentazione del rischio è ricavabile attraverso l'Indice di Rischio Cumulativo IR_{cum} calcolato come:

$$IR_{cum} = \sqrt{IR_i^2 + IR_c^2}$$

Il valore cumulativo ottenuto è quindi usato per giudicare il rischio, con il supporto dell'apposita tabella.

Valore di IR _{cum}	Classificazione rischio	Necessità di misure specifiche di prevenzione e protezione
IR _{cum} ≤ 10	Irrilevante	Non necessarie
10 < IR _{cum} ≤ 25	Modesto	Necessarie
25 < IR _{cum} ≤ 50	Medio	Necessarie
50 < IR _{cum} ≤ 75	Alto	Necessarie
IR _{cum} > 75	Molto alto	Necessarie

Tabella classificazione del rischio

Dalla classificazione ricavata si deciderà quali interventi attuare per diminuire il livello del rischio; si deciderà inoltre se necessario passare ad una valutazione più approfondita eseguita con il supporto di campionamenti.

CAPITOLO 4: CASI STUDIATI

Nel seguente capitolo i due modelli appena descritti vengono applicati ad una serie di casistiche. Vengono utilizzati per la valutazione del rischio per la salute, in particolare in riferimento a mansioni appartenenti a realtà lavorative differenti. L'analisi viene svolta esaminando il ciclo di lavoro, le sostanze impiegate e le relative tecniche di lavorazione.

4.1 CASO 1

Nel primo caso l'analisi riguarda un'officina meccanica che si occupa della lavorazione dei metalli. L'attenzione è rivolta alla lavorazione di un blocco di materiale ferroso effettuato all'interno di una macchina a controllo numerico. Durante la lavorazione la macchina lubrifica e raffredda costantemente l'utensile da taglio, utilizzando un apposito olio. Si valuta quindi il rischio chimico derivante proprio da tale sostanza.

La mansione viene svolta dall'addetto specializzato che provvede al carico e scarico della macchina quindi all'avvio del ciclo di lavorazione; durante il processo l'addetto è ad una distanza compresa tra 1 e 3 metri e protetto dai sistemi di sicurezza di cui è dotato l'apparecchio.

La lavorazione avviene quindi all'interno del macchinario il quale è in funzione durante tutta la giornata lavorativa. Durante il processo il metallo è costantemente irrorato di olio. La macchina è dotata di un serbatoio di stoccaggio dell'olio di circa 60 kg.

L'olio è formato da distillati di petrolio e additivi con frasi di pericolo: H410 e H362. Il prodotto è caratterizzato al suo interno dalla presenza di paraffine clorate con frase EUH066.

Sostanza	Quantità	Utilizzo
Olio lubrificante	60 kg	8 ore

MoVaRisCh

Si inizia applicando lo score relativo alle due frasi di rischio H362 ed EUH066.

Codice di pericolo	Frase di pericolo	Score (P)
H362	Può essere nocivo per i lattanti allattati al seno	6.00
EUH066	L'esposizione ripetuta può provocare secchezza e screpolature della pelle	2.50

Si passa quindi alla determinazione delle due tipologie di rischio, da modello per la valutazione si utilizza il valore dello score P più elevato.

Indice E_{inal}

I parametri impiegati sono:

- Proprietà chimico fisiche: liquido a media alta volatilità;
- Quantità: 60 kg;
- Tipologia d'uso: uso controllato e non dispersivo;
- Tipologia di controllo: contenimento completo;
- Tempo di esposizione: 8 ore;
- Distanza: da 1 a 3 metri $\rightarrow d = 0.75$.

Si applica quindi la serie di matrici da cui si ottengono i seguenti indici:

Indice di esposizione E_{inal}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice 1 E_{inal}	Alta	D = 4
Matrice 2 E_{inal}	Alto	U = 3
Matrice 3 E_{inal}	Basso	C = 1
Matrice 4 E_{inal}	Medio/alta	I = 7

Si ricava quindi il valore dell'indice E_{inal} :

$$E_{inal} = I \cdot d = 7 \cdot 0.75 = 5.25$$

$$R_{inal} = P \cdot E_{inal} = 5.25 \cdot 6 = 31.50$$

Indice E_{cute}

La valutazione cutanea viene eseguita in quanto la sostanza presenta al suo interno paraffine clorurate alle quali è associata la frase EUH066, inoltre l'addetto durante la fase di scarico manipola il blocco contaminato dall'agente chimico, quindi la determinazione di R_{cute} è obbligatoria.

Si considera, in via cautelativa, lo score più elevato.

- Tipologia d'uso: uso controllato e non dispersivo.
- Livello di contatto: contatto discontinuo.

Indice di esposizione E_{cute}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice E_{cute}	Alto	$E_{cute} = 7$

$$R_{cute} = E_{cute} \cdot P = 7 \cdot 6 = 42$$

Determinate entrambe le tipologie si ricava il valore dell'indice di rischio cumulativo.

$$R_{cum} = \sqrt{R_{inal}^2 + R_{cute}^2} = \sqrt{42^2 + 31.50^2} = 52.50$$

Valore di R_{cum}	Livello di rischio	Classificazione del rischio
52.50	Zona di rischio elevato	Superiore all'irrelevante

Al.Pi.Ris.Ch.

Sono assenti dati di tipo biostatistico.

Cut Off

La metodologia semplificata non è applicabile in quanto non sono soddisfatte le due condizioni:

- $A_1+C \rightarrow$ la sostanza è pericolosa;

- $A_2+B+C+D \rightarrow$ la quantità è superiore a 100 grammi al giorno;

si passa quindi alla valutazione dei due indici di rischio.

Indice di Rischio Inalatorio (IR_i)

La sostanza presenta una frase riguardante il rischio inalatorio che rientra all'interno della tabella per l'attribuzione dello score della gravità M.

Codice H	Frase di pericolo	Score (M)
H362	Tossicità per la riproduzione, cat. supplementare – Effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento	4

Si determina quindi il valore dell'Indice di Esposizione stimato E_i :

Indice di Esposizione Inalatoria Stimato E_i		
Fattore	Classificazione	Score/Fattore correttivo
Quantità	60kg	Q = 4
Stato fisico	Liquido a media volatilità	+0.5
Tipologia di impianto	Ciclo confinato ma non in depressione rispetto all'esterno	-0.5
Tipologia di processo	In pressione e con l'apporto di energia meccanica	+1
Dispositivi di protezione	Ventilazione generale	-0.5
Somma		
$E_i = 4.5$		

La durata dell'esposizione è pari a 8 ore quindi $D = 4$.

Viene quindi applicata la matrice per determinare la probabilità di esposizione:

Probabilità di esposizione P_i	
Matrice	Valore indice ricavato
Matrice Probabilità di esposizione P_i	$P_i = 18$

Dal prodotto tra P_i e la gravità M si ottiene l'indice di rischio:

$$IR_i = P_i \cdot M = 18 \cdot 4 = 72$$

Indice di Rischio Cutaneo (IR_c)

La miscela non presenta frasi H riferite alla pelle che rientrano nella tabella utilizzata per l'attribuzione dello score, inoltre non sono presenti, nella scheda di sicurezza del prodotto, limiti OEL (Occupational Exposure Limit) e TLV (Threshold Limit Value) riportanti la dicitura "cute". Tuttavia, la miscela possiede al suo interno il composto "paraffine clorurate" che possiede la classificazione EUH066. Quindi la valutazione del rischio cutaneo sarà riferita al componente pericoloso presente in una concentrazione pari al 10% sul totale.

Sostanza	Quantità	Utilizzo
Paraffine clorurate	6 kg	8 ore

Quindi si ottiene lo score relativo alla pericolosità.

Codice di pericolo	Frase di pericolo	Score (M)
EUH066	L'esposizione ripetuta può provocare secchezza e screpolature della pelle	1

I parametri impiegati per la valutazione del rischio cutaneo sono:

- Quantità: 6kg → Q = 3;
- Modalità di contatto: manipolazione di oggetti contaminati → C = 2;
- Superficie esposta: due mani → S = 3;
- Durata dell'esposizione: 8 ore → D = 4

Si applicano quindi le tre matrici necessarie per determinare la probabilità di esposizione cutanea P_c:

Probabilità di esposizione P_c	
Matrice	Valore indice ricavato
Matrice 1 Probabilità di esposizione P_c	$I_c = 2$
Matrice 2 Probabilità di esposizione P_c	$E_c = 4$
Matrice 3 Probabilità di esposizione P_c	$P_c = 16$

Dal valore della probabilità P_c moltiplicato per il valore della pericolosità M , si ricava l'indice di rischio cutaneo:

$$IR_c = P_c \cdot M = 16 \cdot 1 = 16$$

Determinati entrambi gli indici, si calcola il valore dell'indice di rischio cumulativo e quindi si ottiene la relativa classificazione:

$$IR_{cum} = \sqrt{IR_i^2 + IR_c^2} = \sqrt{16^2 + 72^2} = 73.76$$

Valore IR_{cum}	Livello di rischio	Classificazione del rischio
73.76	Alto	Superiore all'irrelevante

4.2 CASO 2

L'analisi viene eseguita in una azienda calzaturiera. La mansione sottoposta a valutazione riguarda la fase di incollaggio che precede l'operazione chiamata "premonta". In tale postazione l'addetto applica dei collanti sulla tomaia della calzatura, la quale viene poi posta su di una apposita forma, quindi inserita all'interno della macchina che provvede a far aderire ed incollare il tessuto sulla soletta, completando la fase di premontaggio della calzatura.

Durante lo svolgimento della sua mansione l'addetto utilizza differenti tipologie di sostanze, in particolare: due adesivi, uno spray necessario per ammorbidire il pellame ed un solvente impiegato per la pulizia di fine lavoro.

Tranne lo spray, i prodotti vengono applicati a pennello. L'operazione di incollaggio viene svolta su un tavolo dotato di aspirazione localizzata.

Sostanza	Quantità	Utilizzo
Adesivo A	0.5 kg	8 ore
Adesivo B	0.5 kg	8 ore
Solvente	0.1 kg	10 min.
Spray ammorbidente	0.1 kg	8 ore

MoVaRisCh

La valutazione viene eseguita per ogni sostanza impiegata, per poi considerare il valore del rischio R più elevato. Vengono quindi riportate, per i diversi agenti chimici, le frasi di pericolo inerenti alla salute presenti nelle schede di sicurezza.

Adesivo A		
Codice di pericolo	Frase di pericolo	Score P
H319	Provoca grave irritazione oculare	3.00
H315	Provoca irritazione cutanea	2.50
H336	Può provocare sonnolenza o vertigini	3.50
EUH208	Contiene Nome sostanza sensibilizzante. Può provocare una reazione allergica	5.00

Indice E_{inal}

I parametri impiegati sono:

- Proprietà chimico fisiche: liquido a media alta volatilità;
- Quantità: 0.50 kg;
- Tipologia d'uso: uso controllato e non dispersivo;
- Tipologia di controllo: aspirazione localizzata;
- Tempo di esposizione: 8 ore;
- Distanza: inferiore a 1 metro → d = 1;

Si applica quindi la serie di matrici da cui si ottengono i seguenti indici:

Indice di esposizione E_{inal}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice 1 E_{inal}	Medio/alta	D = 3
Matrice 2 E_{inal}	Alto	U = 3
Matrice 3 E_{inal}	Medio	C = 2
Matrice 4 E_{inal}	Alta	I = 10

Si ricava quindi il valore dell'indice E_{inal} :

$$E_{inal} = I \cdot d = 10 \cdot 1.00 = 10.00$$

$$R_{inal} = P \cdot E_{inal} = 10.00 \cdot 5.00 = 50.00$$

Indice E_{cute}

La valutazione cutanea viene eseguita in quanto la sostanza presenta indicazione di pericolo riferita alla cute (H315).

Si considera, in via cautelativa, lo score più elevato.

- Tipologia d'uso: uso controllato e non dispersivo.
- Livello di contatto: contatto accidentale.

Indice di esposizione E_{cute}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice E_{cute}	Medio	$E_{cute} = 3$

$$R_{cute} = E_{cute} \cdot P = 3 \cdot 5 = 15$$

Determinate entrambe le tipologie si ricava il valore dell'indice di rischio cumulativo.

$$R_{cum} = \sqrt{R_{inal}^2 + R_{cute}^2} = \sqrt{50.00^2 + 15.00^2} = 52.20$$

Valore di R_{cum}	Livello di rischio	Classificazione del rischio
52.20	Zona di rischio elevato	Superiore all'irrillevante

Si passa quindi ad analizzare il secondo adesivo.

Adesivo B		
Codice di pericolo	Frase di pericolo	Score P
H319	Provoca grave irritazione oculare	3.00
H336	Può provocare sonnolenza o vertigini	3.50
EUH066	L'esposizione ripetuta può provocare secchezza e screpolature della pelle	2.50
EUH208	Contiene Nome sostanza sensibilizzante. Può provocare una reazione allergica	5.00

Indice E_{inal}

I parametri impiegati rimangono invariati rispetto al primo adesivo, in quanto le condizioni di utilizzo non hanno subito cambiamenti.

Si applica quindi la serie di matrici da cui si ottengono i seguenti indici:

Indice di esposizione E_{inal}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice 1 E_{inal}	Medio/alta	D = 3
Matrice 2 E_{inal}	Alto	U = 3
Matrice 3 E_{inal}	Medio	C = 2
Matrice 4 E_{inal}	Alta	I = 10

Si ricava quindi il valore dell'indice E_{inal} :

$$E_{inal} = I \cdot d = 10 \cdot 1.00 = 10.00$$

$$R_{inal} = P \cdot E_{inal} = 10.00 \cdot 5.00 = 50.00$$

Indice E_{cute}

La valutazione cutanea viene eseguita in quanto la sostanza presenta indicazione di pericolo riferita alla cute (EUH066). Anche in questo caso i parametri necessari per la determinazione di E_{cute} rimangono invariati.

Indice di esposizione E_{cute}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice E_{cute}	Medio	$E_{cute} = 3$

$$R_{cute} = E_{cute} \cdot P = 3 \cdot 5.00 = 15.00$$

Determinate entrambe le tipologie si ricava il valore dell'indice di rischio cumulativo.

$$R_{cum} = \sqrt{R_{inal}^2 + R_{cute}^2} = \sqrt{50.00^2 + 15.00^2} = 52.20.$$

Valore di R_{cum}	Livello di rischio	Classificazione del rischio
52.20	Zona di rischio elevato	Superiore all'irrelevante

Si passa quindi ad analizzare il rischio derivante dall'uso del solvente impiegato per la pulizia di fine lavoro.

Solvente		
Codice di pericolo	Frase di pericolo	Score P
H361d	Sospettato di nuocere al feto	7.50
H319	Provoca grave irritazione oculare	3.00
H336	Può provocare sonnolenza o vertigini	3.50
EUH066	L'esposizione ripetuta può provocare secchezza e screpolature della pelle	2.50

Indice E_{inal}

I parametri impiegati sono:

- Proprietà chimico fisiche: liquido a media alta volatilità;
- Quantità: 0.10 kg;
- Tipologia d'uso: uso controllato e non dispersivo;
- Tipologia di controllo: aspirazione localizzata;

- Tempo di esposizione: 10 min.;
- Distanza: inferiore a 1 metro → d = 1.

Si applica quindi la serie di matrici da cui si ottengono i seguenti indici:

Indice di esposizione E_{inal}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice 1 E_{inal}	Medio/alta	D = 3
Matrice 2 E_{inal}	Alto	U = 3
Matrice 3 E_{inal}	Medio	C = 2
Matrice 4 E_{inal}	Bassa	I = 1

Si ricava quindi il valore dell'indice E_{inal} :

$$E_{inal} = I \cdot d = 1 \cdot 1.00 = 1.00$$

$$R_{inal} = P \cdot E_{inal} = 1.00 \cdot 7.50 = 7.50$$

Indice E_{cute}

La valutazione cutanea viene eseguita in quanto la sostanza presenta indicazione di pericolo riferita alla cute (EUH066).

Si considera, in via cautelativa, lo score più elevato.

- Tipologia d'uso: uso controllato e non dispersivo.
- Livello di contatto: contatto accidentale.

Indice di esposizione E_{cute}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice E_{cute}	Medio	$E_{cute} = 3$

$$R_{cute} = E_{cute} \cdot P = 3 \cdot 7.50 = 22.50$$

Determinate entrambe le tipologie si ricava il valore dell'indice di rischio cumulativo.

$$R_{cum} = \sqrt{R_{inal}^2 + R_{cute}^2} = \sqrt{7.50^2 + 22.50^2} = 23.72$$

Valore di R_{cum}	Livello di rischio	Classificazione del rischio
23.72	Rischio superiore al rischio chimico irrilevante per la salute. Applicare gli Articoli 225, 226, 229 e 230 del d.lgs. n.81/2008.	Superiore all'irrilevante

Si passa quindi ad analizzare il rischio derivante dall'uso dello spray ammorbidente, utilizzato per agevolare il montaggio della calzatura. In questo caso il prodotto non è pericoloso per la salute, ma contiene al suo interno un ingrediente pericoloso per la salute al quale la scheda di sicurezza applica anche un limite di esposizione professionale TLV-TWA: 2-propanolo (H319 – H336).

Quindi per l'attribuzione dell'indice P si considererà la miscela non pericolosa, valutando però lo score e il limite di esposizione del composto pericoloso al suo interno.

Spray ammorbidente	
Classificazione	Score P
Sostanza non classificabile come pericolosa, ma alla quale è stato assegnato un valore limite d'esposizione professionale	3.00

Indice E_{inal}

I parametri impiegati sono:

- Proprietà chimico fisiche: gas;
- Quantità: 0.10 kg;
- Tipologia d'uso: uso controllato e non dispersivo;
- Tipologia di controllo: aspirazione localizzata;
- Tempo di esposizione: 8 ore;
- Distanza: inferiore a 1 metro $\rightarrow d = 1$.

Si applica quindi la serie di matrici da cui si ottengono i seguenti indici:

Indice di esposizione E_{inal}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice 1 E_{inal}	Medio/alta	D = 3
Matrice 2 E_{inal}	Alto	U = 3
Matrice 3 E_{inal}	Medio	C = 2
Matrice 4 E_{inal}	Alta	I = 10

Si ricava quindi il valore dell'indice E_{inal} :

$$E_{inal} = I \cdot d = 1 \cdot 10.00 = 10.00$$

$$R_{inal} = P \cdot E_{inal} = 10.00 \cdot 3.00 = 30.00$$

Indice E_{cute}

Nel modello la valutazione del rischio cutaneo viene eseguita nel caso di contatto con sostanze liquide o solide. Per le sostanze gassose l'esposizione cutanea è considerata generalmente bassa, quindi è possibile non eseguire l'analisi del relativo rischio.

Perciò il rischio sarà dovuto solo all'esposizione inalatoria:

$$R_{cum} = R_{inal} = 30.00$$

Valore di R_{cum}	Livello di rischio	Classificazione del rischio
30.00	Rischio superiore al rischio chimico irrilevante per la salute. Applicare gli articoli 225, 226, 229 e 230 del d.lgs. n.81/2008	Superiore all'irrilevante

La valutazione complessiva del rischio, dovuta all'utilizzo delle quattro sostanze, viene eseguita considerando il valore del rischio R più elevato. Il valore più alto è stato ottenuto dai due adesivi nei quali il valore di R coincide ed è pari a 52.20.

Al.Pi.Ris.Ch.

Sono assenti dati di tipo biostatistico.

Cut Off

La metodologia semplificata non è applicabile in quanto non sono soddisfatte le due condizioni:

- A_1+C → le sostanze sono pericolose;
- $A_2+B+C+D$ → la quantità è superiore a 100 grammi al giorno;

si passa quindi alla valutazione dei due indici di rischio.

Indice di Rischio Inalatorio (IR_i)

Poiché nella mansione è utilizzato un insieme di sostanze, il modello prevede un metodo di valutazione che permetta di considerare l'effetto complessivo. In particolare, per le sostanze dotate di indicazioni di pericolo uguale si effettua la somma delle quantità delle singole frasi di rischio coincidenti. Le altre indicazioni di pericolo vengono invece considerate separatamente.

Inerentemente al rischio inalatorio, le sostanze utilizzate presentano i seguenti codici di pericolo:

Sostanza utilizzata	Codice di pericolo
Adesivo A	H319 – H336 - EUH208
Adesivo B	H319 – H336 – EUH208
Solvente	H319 – H336 – H361d

Per lo spray ammorbidente non vengono indicati codici di pericolo per la salute. Tuttavia, la scheda di sicurezza riporta un limite di esposizione TLV-TWA utilizzabile per la classificazione. Tale limite è dovuto alla presenza di propanolo in una concentrazione pari al 10% sul totale.

Spray ammorbidente			
Componente	Concentrazione %	Quantità	TLV-TWA
Propanolo	10%	10 grammi	492 mg/m ³

I prodotti vengono utilizzati con tempistiche differenti, in via cautelativa però si considera la durata dell'esposizione, dovuta all'utilizzo, più estesa e cioè 8 ore perciò risulta $D = 4$.

Quindi si effettua la valutazione per i vari codici di sicurezza.

Codice H	Frase di pericolo	Score (M)	Sostanze
H319	Gravi lesioni oculari/irritazione oculare, cat. 2 – Provoca grave irritazione oculare	1	Adesivo A Adesivo B Solvente

Si determina quindi il valore dell'indice di esposizione stimato E_i .

Si ricorda che in questo caso, la quantità totale è data dalla somma delle singole quantità delle sostanze dotate dello stesso codice di pericolo.

Indice di Esposizione Inalatoria Stimato E_i		
Fattore	Classificazione	Score/Fattore correttivo
Quantità	1.10kg	Q = 3
Stato fisico	Non valutabile nel dettaglio	+1
Tipologia di impianto	Ciclo non confinato e con interventi manuali degli operatori	+1
Tipologia di processo	Non valutabile nel dettaglio	/
Dispositivi di protezione	Aspirazione localizzata	-1
Somma		
$E_i = 4$		

Viene quindi applicata la matrice per determinare la probabilità di esposizione:

Probabilità di esposizione P_i	
Matrice	Valore indice ricavato
Matrice Probabilità di esposizione P_i	$P_i = 16$

Dal prodotto tra P_i e la gravità M si ottiene l'indice di rischio:

$$IR_i = P_i \cdot M = 16 \cdot 1 = 16$$

Si passa alla valutazione di un altro codice:

Codice H	Frase di pericolo	Score (M)	Sostanze
H336	Tossicità specifica per organi bersaglio SE cat. 3 Narcosi – Può provocare sonnolenza o vertigini	2	Adesivo A Adesivo B Solvente

Si determina quindi il valore dell'indice di esposizione stimato E_i .

Anche in questo caso, la quantità totale è data dalla somma delle singole quantità delle sostanze dotate dello stesso codice di pericolo.

Indice di Esposizione Inalatoria Stimato E_i		
Fattore	Classificazione	Score/Fattore correttivo
Quantità	1.10kg	Q = 3
Stato fisico	Non valutabile nel dettaglio	+1
Tipologia di impianto	Ciclo non confinato e con interventi manuali degli operatori	+1
Tipologia di processo	Non valutabile nel dettaglio	/
Dispositivi di protezione	Aspirazione localizzata	-1
Somma		
$E_i = 4$		

La durata dell'esposizione viene anche qui considerata pari a 8 ore, quindi $D = 4$.

Viene quindi applicata la matrice per determinare la probabilità di esposizione:

Probabilità di esposizione P_i	
Matrice	Valore indice ricavato
Matrice Probabilità di esposizione P_i	$P_i = 16$

Dal prodotto tra P_i e la gravità M si ottiene l'indice di rischio:

$$IR_i = P_i \cdot M = 16 \cdot 2 = 32$$

Si passa alla valutazione del codice H361d. Tale indicazione non è riportata all'interno della tabella utilizzata per l'attribuzione degli score M . Tuttavia, è noto che tale codice rappresenti un rischio molto elevato (H361d-Sospettato di nuocere al feto) quindi si associa un valore di gravità M pari a 5.

Codice H	Frase di pericolo	Score (M)	Sostanze
H361d	Sospettato di nuocere al feto	5	Solvente

Visto che il codice è riportato solo per il solvente, si considera come durata di esposizione il tempo di utilizzo e cioè 10 minuti, quindi $D = 1$.

Si determina allora il valore dell'indice di esposizione stimato E_i .

Indice di Esposizione Inalatoria Stimato E_i		
Fattore	Classificazione	Score/Fattore correttivo
Quantità	0.10kg	Q = 1
Stato fisico	Liquido ad alta volatilità	+1
Tipologia di impianto	Ciclo non confinato e con interventi manuali degli operatori	+1
Tipologia di processo	Non valutabile nel dettaglio	/
Dispositivi di protezione	Aspirazione localizzata	-1
Somma		
$E_i = 2$		

Viene quindi applicata la matrice per determinare la probabilità di esposizione:

Probabilità di esposizione P_i	
Matrice	Valore indice ricavato
Matrice Probabilità di esposizione P_i	$P_i = 4$

Dal prodotto tra P_i e la gravità M si ottiene l'indice di rischio:

$$IR_i = P_i \cdot M = 4 \cdot 5 = 20$$

Viene ora valutato il rischio inalatorio derivante dall'utilizzo dello spray ammorbidente.

Spray ammorbidente	
TLV-TWA	Score (M)
492 mg/m ³	1

Viene considerata come durata di esposizione l'intervallo di tempo di effettivo utilizzo, cioè 8 ore, perciò $D = 4$.

Si determina quindi il valore dell'indice di esposizione stimato E_i .

Indice di Esposizione Inalatoria Stimato E_i		
Fattore	Classificazione	Score/Fattore correttivo
Quantità	0.10kg	Q = 1
Stato fisico	Gas	+1
Tipologia di impianto	Ciclo non confinato e con interventi manuali degli operatori	+1
Tipologia di processo	In pressione	+0.5
Dispositivi di protezione	Aspirazione localizzata	-1
		Somma
		$E_i = 2.5$

Viene quindi applicata la matrice per determinare la probabilità di esposizione:

Probabilità di esposizione P_i	
Matrice	Valore indice ricavato
Matrice Probabilità di esposizione P_i	$P_i = 10$

Dal prodotto tra P_i e la gravità M si ottiene l'indice di rischio:

$$IR_i = P_i \cdot M = 10 \cdot 1 = 10$$

Indice di Rischio Cutaneo (IR_c)

Lo stesso procedimento, che prevede la somma delle quantità delle frasi di pericolo coincidenti, viene applicato anche per il rischio cutaneo.

Inerentemente al rischio cutaneo, le sostanze utilizzate presentano i seguenti codici di pericolo:

Sostanza utilizzata	Codice di pericolo
Adesivo A	H315
Adesivo B	EUH066
Solvente	EUH066

Nel caso dello spray ammorbidente, non sono riportate all'interno della scheda di sicurezza frasi di pericolo riferite alla cute, così come sono assenti limiti di esposizione anche essi riferiti al rischio cutaneo, quindi tale sostanza è esclusa dalla valutazione dell'indice IR_c.

Le sostanze evidenziate riportano anche dei limiti di esposizione occupazionale con la notazione "pelle"; per questi lo score M coincide con il valore ottenuto dal codice di pericolo, quindi non è stato riportato.

Si passa quindi alla valutazione dell'indice di esposizione per i diversi codici di pericolo.

Codice H	Frase di pericolo	Score (M)	Sostanze
H315	Corrosione/irritazione cutanea, cat. 2 – Provoca irritazione cutanea	1	Adesivo A

I parametri impiegati per la valutazione del rischio cutaneo sono:

- Quantità: 0.5kg → Q = 2;
- Modalità di contatto: possibile contatto involontario → C = 1;
- Superficie esposta: due mani → S = 3;

- Durata dell'esposizione: 8 ore → D = 4;

Si applicano quindi le tre matrici necessarie per determinare la probabilità di esposizione cutanea P_c :

Probabilità di esposizione P_c	
Matrice	Valore indice ricavato
Matrice 1 Probabilità di esposizione P_c	$I_c = 1$
Matrice 2 Probabilità di esposizione P_c	$E_c = 3$
Matrice 3 Probabilità di esposizione P_c	$P_c = 12$

Dal valore della probabilità P_c moltiplicata per il valore della pericolosità M, si ricava il valore dell'indice di rischio cutaneo:

$$IR_c = P_c \cdot M = 12 \cdot 1 = 12$$

Si applica lo stesso procedimento per il codice EUH066, sommando però le quantità delle sostanze interessate.

Codice di pericolo	Frase di pericolo	Score (M)	Sostanze
EUH066	L'esposizione ripetuta può provocare secchezza o screpolature della pelle	1	Adesivo B Solvente

I parametri impiegati per la valutazione del rischio cutaneo sono:

- Quantità: 0.6kg → Q = 2;
- Modalità di contatto: possibile contatto involontario → C = 1;
- Superficie esposta: due mani → S = 3;
- Durata dell'esposizione: 8 ore → D = 4;

I due prodotti vengono usati con tempistiche differenti, in via cautelativa, si considera la durata più elevata.

Si applicano quindi le tre matrici necessarie per determinare la probabilità di esposizione cutanea P_c :

Probabilità di esposizione P_c	
Matrice	Valore indice ricavato
Matrice 1 Probabilità di esposizione P_c	$I_c = 1$
Matrice 2 Probabilità di esposizione P_c	$E_c = 3$
Matrice 3 Probabilità di esposizione P_c	$P_c = 12$

Dal valore della probabilità P_c moltiplicata per il valore della pericolosità M , si ricava il valore dell'indice di rischio cutaneo:

$$IR_c = P_c \cdot M = 12 \cdot 1 = 12$$

In questa particolare situazione, a seguito dell'utilizzo contemporaneo di più prodotti, sono stati ricavati più valori per gli indici di rischio. Per il calcolo del valore dell'indice di rischio cumulativo si considerano i valori di IR_i ed IR_c più elevati, cioè:

$$IR_i = 32 \quad IR_c = 12$$

$$IR_{cum} = \sqrt{IR_i^2 + IR_c^2} = \sqrt{32^2 + 12^2} = 34.18$$

Valore IR_{cum}	Livello di rischio	Classificazione del rischio
34.18	Medio	Superiore all'irrelevante

È importante notare come nella valutazione del rischio non è utilizzato il codice EUH208 (EUH208–Contiene Nome sostanza sensibilizzante. Può provocare una reazione allergica). Questo, come si evince dalla classificazione, è dovuto alla presenza di una sostanza sensibilizzante che in entrambi i casi risulta essere “colofonia” (residuo solido della distillazione della resina di varie conifere), la quale può causare una reazione allergica della pelle con relative alterazioni cutanee. Questo codice però non risulta all'interno delle tabelle utilizzate per l'attribuzione dello score M per la gravità della sostanza. Inoltre, nonostante il codice indichi una sostanza sensibilizzante per la cute, il modello permette di arrivare ad una classificazione del rischio cutaneo attraverso

l'applicazione dell'algoritmo. Se invece il codice fosse stato riferito a sensibilizzanti per inalazione, indipendentemente dalla valutazione fornita dall'algoritmo, il rischio sarebbe stato classificato non irrilevante per la salute.

4.3 Caso 3

La valutazione del terzo caso è riferita di nuovo ad una azienda che opera nel settore calzaturiero. L'impresa si occupa della fabbricazione di modelli per calzature, utilizzati successivamente per la produzione in serie. La lavorazione inizia da blocchi di poliuretano espanso rigido, il quale viene sottoposto a vari processi prima di ottenere il prodotto finito. Il materiale viene ridotto in pezzi più piccoli e maneggevoli, quindi è inserito all'interno di un impianto a pantografo a controllo numerico, dal quale si ottiene una forma complessa.

L'analisi è incentrata sulla fase principale, cioè sulla lavorazione del poliuretano all'interno della macchina a controllo numerico. In tale mansione l'addetto si occupa di caricare il blocco di materiale all'interno del macchinario quindi impostare ed avviare il ciclo di lavoro. Al termine del processo, la cui durata varia in base alla tipologia di lavorazione, il blocco viene estratto. Il macchinario impiegato, oltre ad essere chiuso, è dotato di aspirazione la quale permette di convogliare e filtrare le polveri. Essendo il macchinario completamente computerizzato l'addetto può allontanarsi dalla postazione, controllando sporadicamente che la lavorazione proceda correttamente.

Il materiale di partenza risulta essere non pericoloso, tuttavia durante la sua lavorazione si ha la produzione di polvere potenzialmente irritante sia per la cute (quindi anche per gli occhi) che per le vie respiratorie.

MoVaRisCh

Il modello viene impiegato per determinare il rischio derivante da tali polveri. Per l'attribuzione dello score P si considera che la sostanza di partenza è non pericolosa, ma che durante la lavorazione si ha la produzione di un agente chimico pericoloso. In base agli effetti prodotti dalle polveri è possibile individuare due score:

Classificazione	Score P
Sostanze e miscele non classificate pericolose il cui impiego e tecnologia comporta un'elevata emissione di almeno un agente chimico pericoloso per via inalatoria con score < a 4.50 e \geq a 3.00	2.25
Sostanze e miscele non classificate come pericolose il cui impiego e tecnologia comporta un'elevata emissione di almeno un agente chimico pericoloso per via cutanea e/o per ingestione con score < a 4.50 e \geq a 3.00	2.00

Anche qui viene impiegato il valore dello score P più elevato.

In questo caso il percorso di valutazione è differente da quello impiegato nei casi 1 e 2, infatti il modello prevede l'uso di una apposita metodologia di valutazione (paragrafo 3.1.4), in cui si valuta il rischio dovuto ad un agente chimico prodotto durante una lavorazione, ed utilizza due matrici per la determinazione di E_{inal} .

Indice E_{inal}

I parametri impiegati sono:

- Quantità: 30 kg;
- Tipologia di controllo: contenimento completo.
- Tempo di esposizione: 8 ore;
- Distanza: da 1 a 3 metri $\rightarrow d = 0.75$.

Si applica quindi la serie di matrici da cui si ottengono i seguenti indici:

Indice di esposizione E_{inal}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice 1 A E_{inal}	Basso	C = 1
Matrice 2 A E_{inal}	Medio/alta	I = 7

Si ricava quindi il valore dell'indice E_{inal} :

$$E_{inal} = I \cdot d = 7 \cdot 0.75 = 5.25$$

$$R_{inal} = P \cdot E_{inal} = 5.25 \cdot 2.25 = 11.81$$

In questa metodologia il modello non prevede la determinazione dell'indice R_{cute} , quindi la classificazione del rischio è eseguita attraverso il solo indice R_{inal} .

Valore di R	Livello di rischio	Classificazione del rischio
11.81	Zona verde. Rischio irrilevante per la salute	Rischio irrilevante per la salute

Poiché all'interno della scheda di sicurezza del materiale di partenza, sono riportate delle indicazioni inerenti ad un possibile contatto cutaneo con tali polveri e quindi delle misure di primo soccorso da eseguire, viene applicata una "forzatura" al modello; cioè viene eseguita, nonostante questo non sia richiesto dall'algoritmo, la valutazione del rischio cutaneo derivante dalle polveri prodotte. Il risultato ricavato viene utilizzato insieme all'indice dedotto dall'analisi di R_{inal} , in modo da ottenere la valutazione del rischio cumulativo.

Indice E_{cute}

La valutazione cutanea viene eseguita considerando, in base all'osservazione fatta precedentemente, che l'operatore maneggia oggetti contaminati dalle polveri durante la fase di scarico della macchina e che possa accidentalmente venire a contatto con la suddetta polvere.

Si considera, in via cautelativa, lo score più elevato tra i due ricavati in precedenza.

- Tipologia d'uso: sistema chiuso.
- Livello di contatto: contatto discontinuo.

Indice di esposizione E_{cute}		
Matrice	Valutazione	Valore indice ricavato
Matrice E_{cute}	Medio	$E_{cute} = 3$

$$R_{cute} = E_{cute} \cdot P = 3 \cdot 2.25 = 6.75$$

Determinate entrambe le tipologie si ricava il valore dell'indice di rischio cumulativo.

$$R_{cum} = \sqrt{R_{inal}^2 + R_{cute}^2} = \sqrt{11.81^2 + 6.75^2} = 13.60$$

Valore di R_{cum}	Livello di rischio	Classificazione del rischio
13.60	Zona verde. Rischio irrilevante per la salute	Rischio irrilevante per la salute

La classificazione del rischio risulta essere invariata rispetto all'analisi precedente. Quindi, l'esclusione del rischio cutaneo non comporta un errore elevato ai fini della valutazione.

Al.Pi.Ris.Ch.

L'algoritmo piemontese non prevede una metodologia di analisi differente dovuta a tale casistica. Ciò che varia però è la modalità con cui viene stabilito l'indice di gravità M.

Quindi la valutazione inizia con le fasi preliminari.

Non sono presenti dati di tipo biostatistico.

Cut Off

La metodologia semplificata non è applicabile in quanto non sono soddisfatte le due condizioni:

- $A_1+C \rightarrow$ apporto di energia meccanica;
- $A_2+B+C+D \rightarrow$ la quantità è superiore a 100 grammi al giorno;

Indice di Rischio Inalatorio (IR_i)

Il materiale di partenza non risulta classificato pericoloso ai sensi dell'attuale quadro normativo, inoltre sono assenti nella scheda di sicurezza, limiti di esposizione occupazionale. Per la valutazione, in questo caso, si fa riferimento alle caratteristiche note della sostanza e ad esse si associa un indice di gravità, utilizzando la tabella degli effetti fornita dal modello. La polvere prodotta può avere effetti irritanti sia a livello cutaneo che inalatorio. Tali effetti sono però reversibili (ad esempio a livello cutaneo in caso di contatto la parte interessata viene semplicemente lavata con acqua), quindi attraverso l'uso dell'apposita tabella viene associato un indice, che in questo caso è esiguo:

Score (M)	Gravità	Effetti
1	Lieve	Reversibile

Si determina quindi il valore dell'Indice di Esposizione stimato E_i:

Indice di Esposizione Inalatoria Stimato E _i		
Fattore	Classificazione	Score/Fattore correttivo
Quantità	30kg	Q = 4
Stato fisico	Polvere che si deposita rapidamente	+0.5
Tipologia di impianto	ciclo confinato ovvero segregato e in depressione rispetto all'esterno	-1
Tipologia di processo	Con l'apporto di energia meccanica	+0.5
Dispositivi di protezione	Non valutabile nel dettaglio	/
	Somma	
	E _i = 4	

Per la durata si considera un tempo di esposizione pari ad 8 ore cioè l'intera giornata lavorativa, visto che la macchina può lavorare a ciclo continuo, perciò D = 4.

Viene quindi applicata la matrice per determinare la probabilità di esposizione:

Probabilità di esposizione P_i	
Matrice	Valore indice ricavato
Matrice Probabilità di esposizione P_i	$P_i = 16$

Dal prodotto tra P_i e la gravità M si ottiene l'indice di rischio:

$$IR_i = P_i \cdot M = 16 \cdot 1 = 16$$

Indice di Rischio Cutaneo (IR_c)

Il materiale di partenza non presenta codici di pericolo riferiti alla cute che rientrano nella tabella specifica per l'attribuzione dell'indice M , inoltre sono assenti limiti di esposizione sempre inerenti al rischio cutaneo. Tuttavia, è noto che la polvere prodotta durante la lavorazione può avere effetti irritanti reversibili, quindi per l'attribuzione dell'indice di gravità M si applica la stessa metodologia vista per IR_i .

Score (M)	Gravità	Effetti
1	Lieve	Reversibile

I parametri impiegati per la valutazione del rischio cutaneo sono:

- Quantità: 30kg $\rightarrow Q = 4$;
- Modalità di contatto: manipolazione di oggetti contaminati $\rightarrow C = 2$;
- Superficie esposta: due mani $\rightarrow S = 3$;
- Durata dell'esposizione: 8 ore $\rightarrow D = 4$

Si applicano quindi le tre matrici necessarie per determinare la probabilità di esposizione cutanea P_c :

Probabilità di esposizione P_c	
Matrice	Valore indice ricavato
Matrice 1 Probabilità di esposizione P_c	$I_c = 3$
Matrice 2 Probabilità di esposizione P_c	$E_c = 4$
Matrice 3 Probabilità di esposizione P_c	$P_c = 16$

Dal valore della probabilità P_c moltiplicata per il valore della pericolosità M , si ricava l'indice di rischio cutaneo:

$$IR_c = P_c \cdot M = 16 \cdot 1 = 16$$

Determinati entrambi gli indici, si calcola il valore dell'indice di rischio cumulativo e quindi si ottiene la relativa classificazione:

$$IR_{cum} = \sqrt{IR_i^2 + IR_c^2} = \sqrt{16^2 + 16^2} = 22.63$$

Valore IR_{cum}	Livello di rischio	Classificazione del rischio
22.63	Modesto	Superiore all'irrelevante

CAPITOLO 5: CONCLUSIONI

Come descritto nei tre casi sottoposti a valutazione con entrambe le metodologie, è possibile effettuare una piccola considerazione conclusiva.

I due algoritmi utilizzando informazioni di facile reperimento permettono di eseguire una valutazione della mansione analizzata, cioè verificare se il livello del rischio per la salute è superiore o meno ad una determinata soglia, come stabilito attraverso il Titolo IX del D.Lgs. n.81/2008.

Confrontando i primi due casi studiati è possibile notare che, nonostante i valori degli indici di rischio siano differenti e derivino da metodologie di analisi diverse, le valutazioni del rischio sono coincidenti (superiore all'irrelevante). Nel terzo caso le valutazioni formulate dai due modelli risultano essere discordi, con l'algoritmo piemontese che restituisce una classificazione del rischio più elevata. Questa disuguaglianza deriva dalle diversità strutturali dei due modelli; nel suddetto caso il MoVaRisCh prevede una specifica metodologia di valutazione, differente rispetto alle prime due mansioni studiate, mentre per l'Al.Pi.Ris.Ch. il processo valutativo resta invariato. È possibile notare nei due modelli, in base al caso studiato, come varia anche il modo con cui si attribuisce lo score relativo alla pericolosità della sostanza, permettendo di tenere in considerazione l'effetto additivo, dovuto all'uso contemporaneo di più sostanze, e la presenza di agenti chimici non pericolosi con i loro conseguenti effetti.

È possibile evidenziare come i due algoritmi presentano quindi delle differenze strutturali, nonostante le informazioni richieste per la valutazione coincidano; le quali si riflettono anche nel valore dell'indice di rischio ottenuto.

Risulta fondamentale, ai fini della normativa, solo il livello del rischio e cioè verificare se questo risulta essere superiore o inferiore ad una soglia di rilevanza. Tale verifica viene eseguita utilizzando una scala semi quantitativa, differente per i due modelli. Per l'utilizzo delle due scale di valutazione entrambi i metodi permettono di determinare un indice numerico ($R_{cum} - IR_{cum}$) che considera le due principali vie di esposizione (inalatoria e cutanea); è possibile notare una analogia, entrambe sono divise in cinque livelli di

rischio, individuati però da valori dell'indice numerico differenti. Inoltre, all'interno della scala dell'algoritmo MoVaRisCh è presente un livello di incertezza, che richiede una rivalutazione dell'analisi eseguita prima dell'attribuzione del livello di rischio; assente invece nell'algoritmo piemontese in cui la classificazione è netta e immediata.

Entrambi i sistemi di valutazione utilizzano un metodo indicizzato con una impostazione di tipo conservativo che tende ad aumentare, in caso di incertezza, il livello del rischio a favore di una maggiore sicurezza nei confronti dei lavoratori.

In generale però i metodi indicizzati presentano delle criticità. Come riportato anche dal manuale del MoVaRisCh, questi non permettono di riconoscere e quindi valutare piccoli cambiamenti dell'indice di rischio, inoltre presentano una variabilità in base al peso che viene attribuito ai diversi parametri e all'effettiva disponibilità delle informazioni richieste dal modello. In più, nonostante i modelli rappresentano un pratico strumento per agevolare le aziende nella classificazione del rischio per la salute dei lavoratori, questi necessitano di conoscenze specifiche. Il loro utilizzo deve quindi essere effettuato da personale qualificato in possesso di tutte le nozioni necessarie al caso e in grado di eseguire un'analisi il più possibile corretta.

I due modelli si applicano nella maggior parte dei casi in modo efficiente, ma, poiché ogni modello presenta le sue caratteristiche e relative criticità, la valutazione del rischio chimico va effettuata utilizzando entrambi, confrontando così più algoritmi in modo tale da ottenere più informazioni possibili in merito alla realtà aziendale che si sta studiando.

In relazione alla classificazione ricavata dall'algoritmo è possibile implementare la valutazione attraverso l'esecuzione di campionamenti ambientali, verificando se la valutazione qualitativa del modello coincide con quanto è presente in realtà.

Questo processo di studio è fondamentale nella protezione del lavoratore da eventuali rischi connessi all'ambito professionale, riducendone, insieme ad una attività di prevenzione, di informazione e formazione, i rischi per la salute dello stesso e diminuendo così il numero degli infortuni e delle malattie professionali.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- REGIONE TOSCANA, REGIONE EMILIA-ROMAGNA (assessorato politiche per la salute), REGIONE LOMBARDIA (sanità): “Modello di valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi per la salute ad uso delle piccole e medie imprese (Titolo IX Capo I – D.Lgs. 81/2008)”. Aggiornamento del 22 Gennaio 2016 (Mo.Va.Ris.Ch.)
- REGIONE PIEMONTE (Assessorato alla sanità, Livelli essenziali di assistenza, Edilizia sanitaria/Direzione sanità/Settore prevenzione e veterinaria): “Modello applicativo proposto dalla Regione Piemonte per la valutazione del rischio da agenti chimici Al.Pi.Ris.Ch. (Algoritmo Piemontese Rischio Chimico)”, Settembre 2016, Revisione 02
- Linee Guida SNPA/05 2017: “Manuale per la valutazione del rischio da esposizione ad agenti chimici pericolosi e ad agenti cancerogeni e mutageni” Delibera del Consiglio SNPA. Seduta del 01.08.2017. Doc. n.18/17 - Terza revisione
- D.Lgs. 9 aprile 2008 n.81/2008. Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n.106: TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO. Attuazione dell’articolo 1 della Legge 3 agosto 2007 , n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. Rev. luglio 2018
- D.Lgs. 3 agosto 2009: “Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n.81, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro”, pubblicato nella Gazz. Uff. 5 agosto 2009, 180, S.O.
- REGOLAMENTO (CE) N. 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO, del 18 dicembre 2006 (REACH)
- REGOLAMENTO (ce) N. 1272/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO, del 16 dicembre 2008 (CLP)
- Direttiva 89/391/CEE del Consiglio, del 12 giugno 1989, concernente l’attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro
- Svolgimento in sicurezza delle attività subacquee di Ispra e delle Agenzie Ambientali- Criteri di valutazione dei rischi ed esempi di valutazione; ISPRA, ARPA Marche, ARPA Friuli-Venezia Giulia, ARPA Toscana, ARPA Sicilia, ARPA Veneto, ARPA Campania, ARPA Emilia-Romagna, INAIL, Associazione Italiana Operatori Scientifici Subacquei (AIOSS), Università di Pisa, Centro Iperbarico di Ravenna, CGIL, CISL

- Celsino Govoni, Raffaella Ricci: “L’EVOLUZIONE DEI MODELLI DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO DA AGENTI CHIMICI PERICOLOSI IN AMBITO NAZIONALE IN CONFORMITA’ AI REGOLAMENTI REACH E CLP”
- Prof. Alessandro Bacaloni, Sapienza Università degli Studi di Roma-Dipartimento di Chimica: “RISCHIO DA ESPOSIZIONE A SOSTANZE CHIMICHE”
- Dott. Gori Giampaolo, Dipartimento di Medicina Ambientale e Sanità Pubblica-Università di Padova: “VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO CON GLI ALGORITMI”
- Elisabetta Strafella, M. Bracci, R. Calisti, M. Governa, Lory Santarelli: “LaboRisCh: un algoritmo per la valutazione dei rischi per la salute da agenti chimici nei laboratori di ricerca e negli ambienti di lavoro affini”. Medicina del Lavoro, Dipartimento di Patologia Molecolare e Terapie Innovative, Facoltà di Medicina e Chirurgia-Università Politecnica delle Marche, Ancona. Servizio Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro (SPreSAL) ASUR Marche-zona territoriale n.8 Civitanova Marche MC. 19.02.2008
- Michael Fryer, Chris D. Collins, Helen Ferrier, Roy N. Colvile, Mark J. Nieuwenhuijsen: “Human exposure modelling for chemical risk assessment: a review of current approaches and research and policy implications”. pag.261-274. Elsevier Ltd. 20/02/2006, doi:10.1016/j.envsci.2005.11.011
- Fulvio D’Orsi, Giacomo Guerriero, Eva Pietrantonio: “La valutazione del rischio chimico” IV edizione. EPC Editore. Pag:15, 207-210, 223-226
- Maria Cristina Aprea, Dipartimento Interaziendale Regionale dei Laboratori di Sanità Pubblica di Area Vasta-LSP Azienda USL 7 di Siena: “LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO: GLI ALGORITMI”. Empoli, 17 novembre 2015
- Archivio SDS aziendali
- www.salute.gov.it (ultimo accesso: gennaio 2020)
- www.inail.it (ultimo accesso: gennaio 2020)
- www.regione.piemonte.it (ultimo accesso: gennaio 2020)
- www.ausl.mo.it (ultimo accesso: gennaio 2020)
- www.osha.europa.eu (ultimo accesso: gennaio 2020)
- www.echa.europa.it (ultimo accesso: gennaio 2020)

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare tutti coloro che hanno contribuito al raggiungimento di questo obiettivo tanto ambito.

In primis, ringrazio dal profondo del cuore la mia famiglia, che mi ha permesso di intraprendere questo percorso di studi, standomi vicino, sostenendomi ogni giorno e aiutandomi in tutti i momenti, soprattutto quelli più bui.

Ringrazio la Professoressa nonché mia Relatrice Maria Letizia Ruello, per la sua infinita disponibilità, professionalità ma anche per la serenità trasmessa e con la quale mi ha permesso di affrontare questo lavoro.

Ringrazio l'azienda Chemicontrol S.R.L. e tutti i suoi collaboratori, in particolare il Dott. Francesco Fortuna, che durante il periodo di tirocinio mi hanno dedicato del tempo facendomi conoscere ed approfondire il mondo della sicurezza.

Infine, ringrazio tutti i miei amici.

Dedico questo lavoro a tutte le persone a me care scomparse, con cui non potrò gioire per il raggiungimento di questo traguardo.