



ALARP e il contributo dell'analisi costi-benefici per giustificare la tollerabilità del rischio

parte 2



**Maria Rosa
Tamponi**

Studio Tecnico di Ingegneria,
Socia AIAS

tamponi.personale@gmail.com



**Paolo
Malavasi**

Studio Tecnico di Ingegneria,
Socio AIAS

pao.malavasi@gmail.com



Il criterio ALARP nella valutazione del rischio

Il criterio ALARP, noto quale livello più basso (del rischio) ragionevolmente praticabile, è la regolamentazione più conosciuta in merito alla metodologia basata sulle prestazioni, ma non è un concetto ben compreso come criterio di accettazione del rischio in paesi dove questo non è obbligatorio.

In particolare, il principale motivo per il quale non viene applicato in Italia deriva dal fatto che nella nostra normativa vige il principio dell'approccio alla sicurezza di tipo prescrittivo e non probabilistico (si ricorda che tale metodologia consente l'accettazione di livelli di tollerabilità del rischio in funzione del valore delle vite umane). Un altro motivo potrebbe essere che le normative di sicurezza basate sulle prestazioni non sono state redatte in modo simile in tutti i paesi dove tale criterio è stato adottato, pertanto contengono sottili differenze che contribuiscono alla confusione.

Attualmente il criterio ALARP è norma¹ utilizzata, per una molteplicità di tematiche, in Gran Bretagna², USA³, Australia⁴, Svizzera⁵ e in Europa⁶ (Francia⁷, Olanda⁸, Belgio⁹, Austria¹⁰ e Norvegia¹¹). Tale criterio viene abitualmente utilizzato quale strumento atto alla verifica della sicurezza di svariate ipotesi progettuali o per il controllo periodico in ambito manutentivo, dalle più complesse realtà (impianti petroliferi onshore, installazioni offshore, centrali nucleari, dighe, frane, infrastrutture aeroportuali, ferroviarie, autostradali, trasporti aerei, ferroviari e navali, co-

struzioni di aeromobili, gallerie, pipelines, utilizzo del suolo, assistenza sanitaria) a quelle di dimensione più limitata (ad esempio: verifica dell'analisi dei rischi per un complesso lavoro edile o impiantistico). Questo documento illustrerà brevemente le principali differenze presenti nelle varie normative e le modalità di approccio nell'applicazione.

STORIA DEL CONCETTO DI ALARP

La metodologia ALARP è stata usata per la prima volta in una normativa statale nel Regno Unito, con il Self-Acting Mules Regulations del 1905 e con l'Electricity Regulation del 1908.

Tuttavia fu nel 1949, quando un masso di roccia cadde su un lavoratore (il sig. Edwards) dell'ente nazionale del carbone facendogli perdere la vita, che la Corte di Appello Inglese (1949: 1 All ER 743 – Lord Justice Asquith) stabilì il principio di ALARP e di “grossolana sproporzione”, che saranno la base di tutti gli ulteriori sviluppi normativi. In quel caso il Giudice della Suprema Corte valutò se fosse ragionevolmente fattibile o meno mettere in sicurezza il tetto e i lati di una strada in una miniera. La Corte d'Appello ritenne che:

“Ragionevolmente praticabile” è un termine più ristretto di “fisicamente possibile” e sembra implicare che il proprietario debba effet-



*tuare un calcolo in cui la quantità di rischio viene collocata sull'ordinata di una scala e il sacrificio determinato dalle misure necessarie per evitare il rischio (sia in denaro, tempo o difficoltà) è posto nell'altro lato della scala; e se viene dimostrato che esiste una **grossolana sproporzione** tra loro – il rischio è insignificante rispetto al sacrificio – la persona su cui è imposto l'obbligo (di diligenza) assolve l'onere dimostrando che l'adempimento non era ragionevolmente fattibile.*

Questa sentenza ha sancito che ogni volta che si applicano delle misure di sicurezza, queste si dovrebbero potenziare fino al punto in cui esiste una “grossolana sproporzione” tra i rischi che possono determinare eventi incidentali e i costi di mitigazione del rischio (Van Coile et al., 2019, Ale et al., 2015).

Dopo l'introduzione ufficiale in Inghilterra nel 1949 dell'acronimo ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*), negli anni '50 il termine ALAP (*As Low As Practicable*) venne utilizzato negli USA nel campo della radioprotezione. Successivamente nel 1979 tale termine è stato modificato in ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), *il livello più basso ragionevolmente ottenibile* (Loewen, 2011). “Ragionevolmente ottenibile” significa che è teoricamente possibile ridurre i rischi anche se è stato dimostrato che non è praticamente possibile.

Il concetto “praticabile” in ALARP si concentra sul fatto che la fattibilità tecnica deve essere dimostrata; ciò implica che non solo la tecnologia deve essere disponibile, ma anche che i relativi costi di implementazione dovrebbero essere ragionevoli.

Occorre evidenziare che il concetto di “ragionevolmente praticabile” è al centro del sistema sanitario e di sicurezza britannico, che dal 1974 (rif. *The Health and Safety at Work Act*, denominato HSWA, o HSW Act, o HASAWA) ha prescritto al capitolo 37 dal titolo *Fornitura e manutenzione di impianti e di sistemi di lavoro*, che questi *siano per quanto ragionevolmente praticabile sicuri e senza rischi per la salute*¹².

TERMINOLOGIA

- La norma UNI 11230:2007 definisce il rischio *l'insieme della possibilità di un evento e delle sue conseguenze sugli obiettivi*.
- La norma UNI ISO 31000:2018 e la norma UNI EN ISO 45001:2023 definiscono il rischio rispettivamente come *l'effetto dell'incertezza sugli obiettivi ed effetto dell'incertezza, dove l'incertezza è lo stato, anche parziale, di carenza di informazioni relative alla comprensione o conoscenza di un evento, delle sue conseguenze o della loro probabilità*¹³.
- Il pericolo viene definito nella UNI 11230:2007 *causa o origine di un danno o perdita*.
- Il pericolo viene definito nella UNI EN ISO 45001:2023 *fonte avente il potenziale di causare lesione o malattia*.
- La probabilità (*likelihood*¹⁴) è definita nella Guida ISO 73:2009, al punto 3.6.1.1, *la possibilità che succeda qualcosa*.
- La UNI EN ISO 45001:2023 prevede all'Appendice A.8.1.1 che è *necessario che la pianificazione e il controllo operativo dei processi siano stabiliti e attuati per quanto opportuno, per migliorare la salute e la sicurezza sul lavoro, eliminando i pericoli o, se non praticabile, riducendo i rischi per le SSL ai livelli più bassi ragionevolmente praticabili (ALARP)*.
- Il termine **ALARP** (*As Low As Reasonably Practicable*) ha la sua traduzione in “il più basso ragionevolmente praticabile”.
- Il termine **SFAIRP** è l'abbreviazione di “per quanto ragionevolmente possibile”.
- **ALARA** è l'abbreviazione di “livello più basso ragionevolmente ottenibile”.

I tre termini significano essenzialmente la stessa cosa e al loro centro c'è il concetto di “ragionevolmente praticabile”; questo implica soppesare un rischio rispetto ai problemi, al tempo e al denaro necessari per controllarlo.

METODOLOGIA ALARP

Le tecniche di analisi del rischio vengono utilizzate in una molteplicità di settori per identificare i rischi associati a eventi incidentali e stimarne le conseguenze. Definito il livello di rischio, esso viene confrontato con dei criteri di accettabilità ed eventualmente diminuito attraverso misure preventive e/o mitigative.

La scelta della tipologia di analisi da adottare dipende da diversi fattori, legati al tipo di tecnologie utilizzate, dallo stato di avanzamento della progettazione e dalle specifiche dettate dalle normative vigenti; tutti aspetti che allo stesso tempo richiedono una proporzionalità tra l'accuratezza dell'analisi e il livello di rischio atteso. Il rischio è spesso espresso in termini di combinazione¹⁵ delle conseguenze di un evento e della probabilità associata al suo verificarsi (BS 18004:2008) o, successivamente all'entrata in vigore della UNI ISO 45001:2018, mediante l'ausilio della UNI ISO/TR 14121-2:2013¹⁶, quale combinazione della gravità del danno, della frequenza e/o durata dell'esposizione, della probabilità che si verifichi un evento pericoloso e della possibilità di evitare il danno.

Mediante la creazione di matrici di rischio vengono delineati degli scenari di accettabilità, secondo le tre regioni descritte nel triangolo presente nella figura a fianco, in cui si possono distinguere:

■ Rischio accettabile:

regione in cui il livello di rischio non richiede ulteriori misure (verde). Largamente accettato dalla maggior parte delle persone in quanto vi si incorre normalmente nella vita di tutti i giorni. Questa categoria di rischi include, ad esempio, la possibilità di essere colpiti da un fulmine ($6,6 \times 10^{-8}$ eventi/anno), di avere un incidente domestico determinato da fuga di gas ($6,6 \times 10^{-7}$ eventi/anno) o di essere morsi da uno squalo ($2,8 \times 10^{-8}$ eventi/anno).

■ Rischio tollerabile:

ALARP (HSE UK 2001¹⁷) in cui è necessario dimostrare che ulteriori sforzi tecnici/economici non siano proporzionati ai benefici ricavabili in

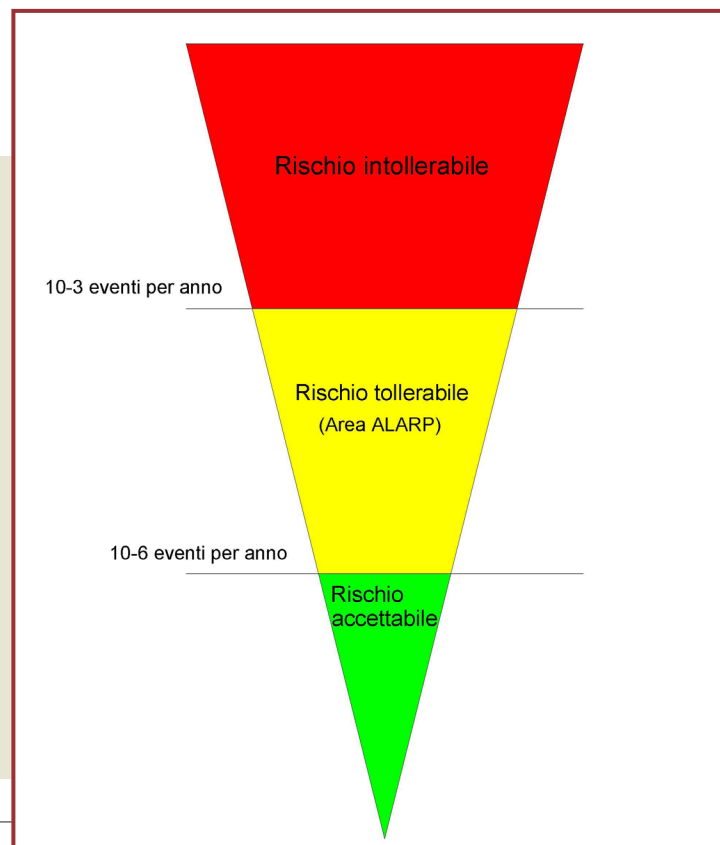
termini di riduzione del rischio (giallo). Si preferirebbe non ricadere in tale area di incertezza, ma si tollera il rischio in vista dei benefici che si possono ottenere accettandolo. Questa categoria può essere sintetizzata con l'esempio del rischio di viaggio in auto (stimato in $3,08 \times 10^{-6}$ eventi/anno¹⁸) o di viaggio in aereo ($1,85 \times 10^{-5}$ eventi/anno). Accettiamo che possano accadere tali incidenti ma facciamo del nostro meglio per minimizzare le probabilità che avvenga un incidente¹⁹.

■ Rischio intollerabile:

il livello di rischio determinato da quell'evento deve essere necessariamente ridotto (rosso).

I valori soglia di rischio individuale a livello probabilistico, variabili da Stato a Stato²⁰ e dall'attività oggetto di analisi, possono essere valutati mediante le linee guida HSE UK²¹:

- Valore del limite di rischio individuale inaccettabile per il personale: 1 ev./1000 anni (10^{-3}).



- Valore del limite di rischio individuale inaccettabile per una persona esterna: 1 ev./10.000 anni (10^{-4}).
- Valore del rischio accettabile in generale: 1 ev./1.000.000 anni (10^{-6}).

Affinché un rischio sia ALARP, o meglio rientri all'interno del campo ALARP, nella maggioranza dei casi (con rischi che non comportano l'esposizione a una malattia cronica o a un evento letale) si può fare riferimento, mediante un criterio qualitativo, a una "buona pratica" esistente, che può essere l'applicazione di codici o standard (ad esempio: permesso di lavoro, briefing, audit) e di controlli di gestione della sicurezza (ad esempio: controlli operativi, così come previsti nel paragrafo 4.4.6.1 della ex BS 18001:2007), attraverso misure preventive e/o mitigative, possibilmente convalidate da analisi costi-benefici.

Per situazioni ad alto rischio (che comportano anche l'esposizione a una malattia cronica o a un evento letale), complesse o nuove, oltre a basarsi sulle buone pratiche si utilizza direttamente l'analisi dei costi-benefici (CBA). In tali casi, affinché un rischio ALARP sia accettato, deve essere possibile dimostrare che il costo derivante dalla riduzione ulteriore del rischio sia **grossolanamente sproporzionato**²² rispetto al beneficio ottenuto. Questo in quanto si potrebbero

spendere tempo, sforzi e denaro infiniti nel tentativo di ridurre un rischio a zero, ma farlo non è fattibile né desiderato dalla società.

► **Analisi costi-benefici a supporto delle decisioni ALARP**

Per spiegare cosa sia e come deve essere sviluppata una analisi costi-benefici (Cost-Benefit Analysis, CBA) a supporto di una avvenuta valutazione dei rischi in campo ALARP, occorre introdurre la nozione di "valore della vita" che, anche se di difficile comprensione, è fondamentale in una analisi CBA, in quanto è essenziale per favorire la scelta di interventi che migliorino la sicurezza diminuendo contestualmente l'incidenza di morti accidentali, di infortuni o di invalidità. Con l'espressione "valore della vita" si intende il "costo sociale di un decesso prematuro"²³ o quello di un qualunque evento incidentale che comporta un'assenza lavorativa (breve o lunga) e una correlata perdita economica, cioè l'equivalente monetario che la società attribuisce all'evento, che in assenza della causa analizzata non sarebbe avvenuto. Per simmetria a tali concetti, si deve tenere conto del beneficio derivante dall'evitare un evento incidentale che potrebbe comportare uno o più decessi.

Conseguenze			O1		O2		O3	
			A1	A2	A1	A2	A1	A2
			10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
Probabilità			0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2
S3	F2	1,2	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	1,44
	F1	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20
S2	F2	0,8	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96
	F1	0,6	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72
S1	F2	0,4	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48
	F1	0,2	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24

A sinistra, diagramma schematico a "carota" o di Melchers (2001) che illustra la metodologia ALARP.

Sopra, una matrice del rischio 6×6 , rielaborazione della metodologia ISO/TR 14121-2:2013 (in giallo e arancio le aree ALARP).

Ci si pone una domanda: quali costi devono fare parte delle misure di mitigazione da considerare su uno dei due piatti della bilancia, ai fini della verifica del criterio del “**grossolanamente sproporzionato**”, che si devono contrapporre ai contenuti dell’altro piatto, in cui vengono posti i costi del valore della vita? L’HSE britannico suggerisce i costi di installazione, di funzionamento, di formazione e quelli di manutenzione aggiuntiva, nonché le perdite aziendali che deriverebbero da un’eventuale chiusura o rallentamento (produzione persa), effettuati allo scopo di attuare le individuate misure di mitigazione²⁴. Occorrerebbe parimenti eliminare l’eventuale maggiore efficienza, il maggiore valore patrimoniale e l’eventuale risparmio energetico.



Occorre evidenziare inoltre che i costi da considerare devono essere solo quelli necessari e sufficienti ai fini dell’attuazione delle misure di attenuazione e riduzione del rischio scelte.

Il criterio ALARP e l’analisi CBA sono stati utilizzati ovunque in una vasta gamma di settori, dall’energia nucleare e chimica, alle costruzioni ferroviarie e stradali, alla progettazione antincendio, ai progetti onshore e di pipeline²⁵, alla verifica di dighe²⁶, alla verifica dell’erosione delle maree su aree bonificate²⁷, alla verifica da frana di terreni scoscesi.

Mentre l’ALARP è considerata una metodologia qualitativa, olistica e basata su principi che non rap-

presentano necessariamente tutti gli stessi risultati prevedibili, la CBA è concepita per essere quantitativa, limitata e ben definita (Ale et al., 2015).

In altre parole, la metodologia ALARP potrebbe portarci a decisioni soggettive e ineguali, insieme a incertezze e imprevedibilità nel processo decisionale.

La CBA, invece, è accettata come obiettivo, essendo legata a una stima oggettiva con degli elementi e parametri che sono ovunque conosciuti.

A prima vista potrebbero essere considerate metodologie separate, ma devono essere correlate a un unico processo decisionale (la metodologia qualitativa deve essere validata dalla metodologia CBA di tipo quantitativo, al fine di limitare l’intervallo di incertezza).

Al fine della valutazione della soluzione migliore, in termini di accettabilità sociale e convenienza economica, le due metodologie possono essere utilizzate identificando vari scenari di rischio, con le possibili strategie di mitigazione e i diversi valori del rischio residuo correlato.

► Esempio di ALARP e CBA in fase di pianificazione

Le linee guida per la verifica di una efficace analisi costi-benefici si trova nella pubblicazione *Cost Benefit Analysis (CBA) checklist*, pubblicata dall’HSE UK quale ausilio per gli Ispettori Health and Safety Executive (HSE), in cui vengono elencati i “benefici”²⁸ che dovrebbero essere stimati per l’implementazione di misure di miglioramento della salute e della sicurezza in funzione delle criticità che si possono manifestare (dati al 2003, che vengono aggiornati nella quarta colonna con valori cognitivi UK):

Tabella

(in <https://www.hse.gov.uk/enforce/expert/alarpcheck.htm>), integrata dallo scrivente nei parametri correlabili alle diverse cause di morte (rif. note 31 e 32) e nelle due colonne a destra.

Tipologia criticità	Descrizione	Importo danno £/lav. (2003) ²⁹	Importo danno/ lavoratore in £/lav. (24 Agosto 2024) ³⁰	Importo danno/ lavoratore in €/lav. (Ottobre 2024)
Morte		£ 1.336.800 £ 2.673.600 ³¹ £ 2.000.000 ³²	£ 2.376.430 £ 4.752.861 £ 3.555.402	€ 2.849.672 € 5.699.346 € 4.263.425
Invalità permanente	Impossibilità alla prosecuzione del lavoro per 1-4 settimane. Successivamente il dolore si riduce gradualmente ma può ripresentarsi quando si prende parte ad alcune attività. Alcune restrizioni permanenti al tempo libero ed eventualmente ad alcune attività lavorative.	£ 207.200	£ 368.340	€ 441.691
Infortunio serio	Dolore da leggero a moderato per 2-7 giorni. Successivamente qualche dolore/fastidio per diverse settimane. Alcune restrizioni alle attività lavorative e/o ricreative per diverse settimane/mesi. Dopo 3-4 mesi ritorno alla salute normale senza disabilità permanente.	£ 20.500	£ 36.443	€ 43.700
Infortunio lieve	Lesione comportante piccoli tagli e contusioni con una guarigione rapida e completa.	£ 300	£ 533	€ 639
Malattia permanente invalidante	Simile a invalidità permanente	£ 193.100	£ 343.274	€ 411.634
Altri casi di malattia	Oltre una settimana di assenza. Nessuna conseguenza permanente sulla salute.	£ 2.300 + £ 180 per giorno di assenza	£ 4.089 + £ 320 per giorno di assenza	€ 4.903 + 384
Malattia minore	Fino a una settimana di assenza. Nessuna conseguenza permanente sulla salute.	£ 530	£ 942	€ 1.130

ESEMPIO 1³³

Consideriamo un impianto chimico con un processo che se dovesse essere causa di esplosione potrebbe causare 20 vittime, 40 lavoratori con lesioni permanenti, 100 feriti gravi, 200 feriti con lesioni lievi, avendo analizzato che la probabilità dell'evento esplosione è di circa 1×10^{-5} all'anno, ovvero 1/100.000 ev. per anno (dunque evento rientrante nell'area ALARP nel diagramma di pag. 48).

L'impianto ha una durata stimata di 25 anni.

Domanda: Quanto potrebbe ragionevolmente spendere l'azienda per eliminare (ridurre a zero) il rischio derivante dall'esplosione?

Se si eliminasse il rischio di esplosione, si potrebbero valutare i benefici indiretti pari a:



Tipologia infortunio	Numero di incidentati	Costo per probabilità residua/evento \times anno ³⁴	Durata dell'impianto	Stima benefici ³⁵
Morte	20	$2.376.430 \times 1 \times 10^{-5}$	25 anni	£ 11.882
Lesioni permanenti	40	$368.340 \times 1 \times 10^{-5}$	25 anni	£ 3.683
Feriti gravi	100	$36.443 \times 1 \times 10^{-5}$	25 anni	£ 911
Lesioni lievi	200	$533 \times 1 \times 10^{-5}$	25 anni	£ 27
Benefici complessivi³⁶				£ 16.503

In considerazione di un fattore di sproporzione per incidenti rilevanti, posto pari a 10 (HSE britannico), moltiplicandolo per i benefici totali trovati, pari a 16.503 sterline, si ottiene un valore stimato del danno in 165.030 sterline.

Per questo l'Azienda proponente tale impianto chimico dovrebbe dare dimostrazione di avere investito in misure per la sicurezza dei lavoratori una somma non inferiore a 165.030 sterline (al primo anno di investimento), in modo da rientrare nei termini di notevole sproporzionalità previsto dall'HSE britannico, quale somma ragionevole per la mitigazione

del danno da esposizione al rischio di esplosione. Il titolare dell'azienda dovrebbe giustificare la realizzazione di misure di mitigazione di valore stimabile inferiore.

L'HSE britannico in merito al tasso di sconto propone empiricamente *per i costi e benefici di applicare un tasso di sconto del 3,5%*³⁷.

Viene ritenuto che l'importo stimato per prevenire un decesso abbia un valore di utilità costante nel tempo e pertanto viene rivalutato in termini reali ogni anno dalla crescita del PIL pro capite reale (attualmente del 2% annuo).

Questa rivalutazione, abbinata al tasso di sconto indicato in precedenza fornisce un tasso di sconto "effettivo" per i benefici per la salute e sicurezza dell'1,5%³⁸. Tassi di sconto effettivi inferiori si devono applicare ai benefici per la salute e la sicurezza che maturano oltre 30 anni. I periodi di sconto superiori a 50 anni sono problematici e le indicazioni a cui si perviene come risultato di analisi devono essere considerate con cautela. Nel caso in cui le misure di mitigazione vengano eseguite in più anni, occorre necessariamente rendere l'analisi rigorosa da un punto di vista economico. In tale caso occorrerebbe che i valori degli investimenti in misure di mitigazione oltre al primo anno fossero oggetto di attualizzazione mediante opportune metodologie, quali la Discounted Cash Flow Analysis (DCFA), con la seguente formula:

$$V = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

dove: V = somma delle misure di mitigazione all'anno zero; F_t = valore delle misure di mitigazione investite all'anno t , al netto dei costi di funzionamento e manutenzione; n = orizzonte temporale dell'analisi; k = tasso di attualizzazione.

Nel nostro Esempio 1 se l'Azienda decidesse di effettuare i seguenti investimenti:

- al primo e secondo anno: 50.000 + 50.000 sterline;
- dal terzo fino al 25° anno: 6450 sterline;
- funzionamento e manutenzione delle misure di mitigazione previste: 8% all'anno, pari a 14.208 nel periodo t

dove: $V = 241.900 + 14.208 = 256.108$ sterline di investimento complessivo al 25° anno, attualizzate a oggi, con tasso di sconto "effettivo" dell'1,5%, pari a 165.113 sterline.

L'analisi dovrebbe dimostrare di essere solida mediante appropriate analisi di sensibilità³⁹, in linea con l'approccio precauzionale. In particolare, i risultati di qualsiasi CBA associata a rischi di incidenti gravi saranno

soggetti a incertezza, a causa della necessità di stimare la gravità e la frequenza degli incidenti. Per loro natura, questi incidenti sono rari, ma quando accadono, possono avere conseguenze molto gravi.

Occorre prendere in considerazione nella CBA almeno 3 scenari all'interno dei quali si presuppone una determinata interazione tra le diverse variabili. I titolari di obblighi devono fornire un'adeguata giustificazione del fatto che hanno utilizzato input conservativi per il CBA o che i fattori dell'intervallo di sensibilità sono appropriati.

► Esempio di ALARP e CBA in caso di scenari con elevati rischi

Bowles D.S.⁴⁰ (1987, 2001) e Bowles et al. (2003⁴¹) hanno dimostrato come la stima del costo per le vite salvate statisticamente (CSLS) per le opzioni di riduzione del rischio, ottenute da un'analisi del rischio, possa essere utilizzata per valutare la forza della giustificazione per un'ulteriore riduzione del rischio come parte di una valutazione ALARP.

Il CSLS o Costo per Salvare una Vita (Cost per Statistical Life Saved) si calcola in base alla formula:

CSLS = Costo totale degli interventi di mitigazione / numero di vite salvate statisticamente.

ESEMPIO 2

Un'azienda sta considerando un intervento di sicurezza per ridurre il rischio di incidenti sul lavoro da 1×10^{-4} ev. per anno a 1×10^{-6} ev. per anno.

- Costo totale degli interventi di mitigazione in 40 anni: £ 20.000.000.
- Numero di vite salvate statisticamente: 5.

Calcolo CSLS = £ 20.000.000 / 5 vite = £ 4.000.000 per vita salvata

Occorre in tale caso specifico valutare se il valore CSLS sia maggiore del parametro previsto come soglia che la comunità riconosce quale efficace coefficiente di sproporzionalità per vita salvata (£ 2.376.430, valore attualizzato all'agosto del c.a.). Nel caso specifico viene superato il fattore soglia per vita salvata, per cui gli interventi di mitigazione proposti sono sufficienti all'esecuzione dell'intervento.

L'ACSLS – Costo Annuale per Salvare una Vita, tiene conto sia dei costi economici sia dei benefici per la sicurezza della vita associati a una misura di riduzione del rischio.

Considera il costo annualizzato dell'implementazione della misura e lo confronta con il beneficio annualizzato in termini di riduzione del rischio per la vita. La formula per l'ACSLS è:

$$ACSLS = ((r \times C) - E \times (Pp - Pa)) / N \times (Pp - Pa)$$

dove: C = costo delle misure di mitigazione per la riduzione del rischio; r = tasso di sconto/anno; E = perdita economica associata all'evento incidentale; N = numero di vittime; Pa = probabilità ante; Pp = probabilità post.

ESEMPIO 3

Un'azienda sta considerando un intervento di sicurezza per ridurre il rischio di incidenti sul lavoro da 1×10^{-4} eventi per anno a 1×10^{-6} eventi per anno.

- Tasso di sconto: 6,75%.
- Costo degli interventi di mitigazione: £ 3.000.000.
- Numero di vite salvate statisticamente: 100.
- Perdite economiche: £ 300.000.000.

$$ACSLS = ((0,0675 \times 3.000.000) - 300.000.000 \times (1 \times 10^{-4} \text{ ev. per anno} - 5 \times 10^{-6} \text{ ev. per anno})) / 100 \times (1 \times 10^{-4} \text{ ev. per anno} - 5 \times 10^{-6} \text{ ev. per anno}) = \text{£ } 18.315.789$$

Il rapporto di sproporzionalità è dato dalla formula

$$R = ACSLS / VPF$$

dove: VPF è il valore economico attribuito alla prevenzione di una fatalità, utilizzando la tabella di pag. 51 = 2.376.430 / decesso.

Nel nostro esempio:

$$R = \text{£ } 18.315.789 / \text{£ } 2.376.430 = 7,7.$$

Questo risultato, introdotto nel grafico riportato nella pagina a fianco con una probabilità (post) di 1×10^{-4} , individuerebbe un punto posto nell'area di non tollerabilità, per cui occorre incrementare il costo delle misure di mitigazione.

In sintesi, il CSLS si concentra esclusivamente sul costo per ottenere miglioramenti incrementali della sicurezza, mentre l'ACSLS considera sia i costi sia i benefici legati alla riduzione del rischio per la vita. Entrambi i concetti svolgono un ruolo cruciale nel valutare le decisioni di riduzione del rischio e nell'assicurare che le pratiche di sicurezza siano ragionevolmente praticabili (ALARP).

In merito alla dimensione del concetto di sproporzionalità, l'HSE britannico propone di applicare quale regola operativa i dati contenuti nell'inchiesta pubblica per la presentazione del progetto Sizewell B⁴² del 1987, secondo cui un fattore fino a 3 (cioè costi per le misure di mitigazione tre volte superiori ai benefici) deve essere applicato ai rischi per i lavoratori; per rischi bassi per la popolazione deve essere applicato un fattore pari a 2, mentre per rischi elevati deve essere applicato un fattore pari a 10.

Il parametro Proportion Factor (PF) è un rapporto utilizzato per valutare l'efficacia economica delle misure di sicurezza. Si calcola dividendo il costo per prevenire una fatalità (Cost to Prevent a Fatality, CPF) per il valore attribuito alla prevenzione di una fatalità (Value to Prevent a Fatality, VPF):

$$PF = CPF / VPF$$

Un valore di $PF > 1$ indica che il costo per prevenire una fatalità è superiore al valore attribuito alla prevenzione di una fatalità. In questo caso, l'intervento di sicurezza potrebbe non essere economicamente giustificato, ma efficace.

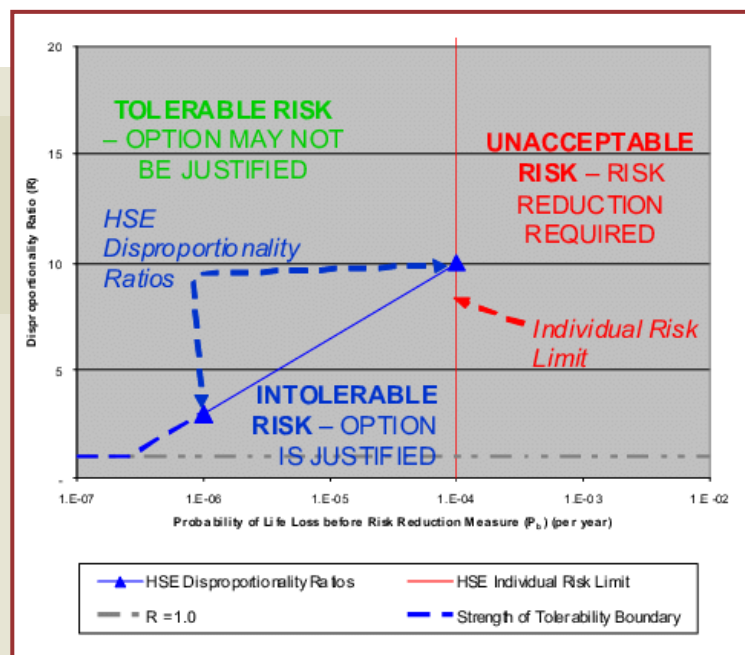
Un valore di $PF < 1$ indica che il costo per prevenire una fatalità è inferiore al valore attribuito alla prevenzione di una fatalità. In questo caso, l'intervento di sicurezza è considerato economicamente giustificato, ma non efficace

dove: $CPF = \text{costo della sommatoria degli elementi atti a prevenire l'evento incidentale, annualizzati, o meglio i costi che la società è pronta a sostenere per la riduzione dello specifico rischio} / (E \text{ ante} - E \text{ post})$; con $E \text{ ante} = \text{probabilità prima delle misure di mitigazione}$ ed $E \text{ post} = \text{probabilità attesa dopo le misure di mitigazione}$

$$CPF = \sum i_{1-n} C/n / (E \text{ ante} - E \text{ post})$$

e dove VPF è il valore economico attribuito alla prevenzione di una fatalità, o sommatoria dei costi determinati dall'evento incidentale (costo delle perdite umane + costo dei feriti) che si è disposti a pagare per ridurre il rischio di incidente.

Grafico di tollerabilità del rischio (HSE UK, *Guidance for Evaluation of Disproportionality Ratio* (Bowles, 2003).



ESEMPIO 4

Immaginiamo che una serie di interventi di mitigazione per la riduzione di un rischio abbiano un costo all'anno di £ 10.000 (costante per 40 anni) e che riescano a fare diminuire la probabilità da $4,41 \times 10^{-4}$ a $1,00 \times 10^{-4}$.

$CPF = £ 10.000 / (3,41 \times 10^{-4}) = £ 29.325.513$ (costi per prevenire gli incidenti mortali).

Posto il valore attribuito alla prevenzione di una fatalità (VPF) sia di £ 2.376.430⁴³ si ha:

$PF = 29.325.513 / 2.376.430 \approx 12,34$ (rapporto di sproporzionalità).

Il rapporto di sproporzionalità, variabile da Stato a Stato e dall'attività oggetto di analisi, può essere valutato utilizzando il grafico sotto riportato, che si basa sulle linee guida HSE⁴⁴:

- rapporto di sproporzionalità: ≥ 10 per una probabilità di perdita di vite umane pari a $1/10.000$ ev. anno (10^{-4});
- rapporto di sproporzionalità: ≥ 3 per una probabilità di perdita di vite umane pari a $1/1.000.000$ ev. anno (10^{-6}).

Per cui nell'esempio 4, dove è stato trovato un rapporto di sproporzionalità di 12,34, con probabilità diminuita al valore $1,00 \times 10^{-4}$, si verifica mediante il grafico di pag. 55 che si rientra nell'area di tollerabilità del rischio.

Analisi del rischio sociale

Nel caso di siti soggetti a incidente rilevante deve essere analizzato anche il rischio sociale esteso alla popolazione esposta al rischio specifico.

Secondo la letteratura⁴⁵, il rischio sociale è dato dalla frequenza e dal numero delle persone soggette a un certo livello di danno a seguito di un evento incidentale posto nelle sue immediate vicinanze.

Abbiamo detto che il rischio individuale dà un valore di probabilità annua di morte o di invalidità, mentre il rischio sociale dà un numero riferito a una collettività.

Di norma, quando si valuta l'accettabilità del rischio si deve considerare il rischio per gli individui e quello per la società (Fell, 1984).

Il rischio sociale viene definito come il rapporto tra la frequenza di un incidente e il numero di vittime che potrebbero derivarne.

La tecnica migliore per studiare e rappresentare il rischio sociale è un'analisi di tipo quantitativa, dove solitamente il rischio viene espresso sotto forma di una curva F/N ⁴⁶ o F/D (frequenza-danno economico)⁴⁷ avente nelle ascisse il numero delle perdite umane e nelle ordinate la probabilità di incidente⁴⁸.

A titolo di esempio si osservino le curve F/N per l'analisi di rischio nei casi di incidente rilevante per installazioni onshore⁴⁹, secondo diversi Paesi:

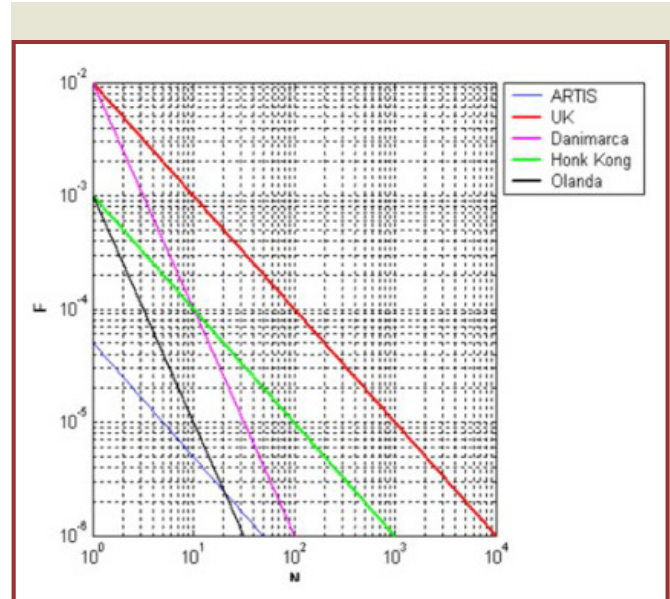


Grafico F/N secondo 4 Stati e la ricerca italiana ARTIS⁵⁰, in ordinate la frequenza dell'evento mortale (F), in ascissa il numero degli eventi (N).

Per confronto con tale grafico si riporta di seguito il grafico della curva storica degli incidenti presenti nella banca dati MHIDAS⁵¹ fino al 2001⁵²:

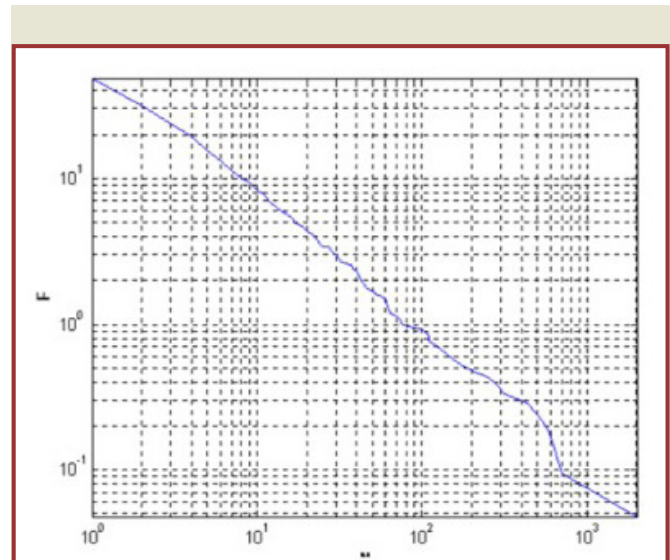


Grafico in cui in ordinata è presente la probabilità dell'evento mortale (F), in ascissa il numero di vittime (N).

Da tale confronto si coglie che la pendenza è eguale.

► Esempio di ALARP e CBA in caso di scenari con rischi di cantiere

Nel caso di applicazione di una valutazione del rischio per un'attività specialistica specifica, per un'attività di cantiere edile o impiantistica, occorre preliminarmente valutare tutti i potenziali rischi correlati all'attività, associando, se viene utilizzata la proposta metodologia UNI ISO/TR 14121-2:2013⁵³, la gravità del danno attesa, la frequenza o durata dell'esposizione, la probabilità di accadimento (facendo, se possibile, ricorso alle statistiche pubblicate dall'INAIL per attività simili) e l'evitabilità del danno, al fine di trovare la magnitudo del rischio in condizione "ante".

ESEMPIO 5

Un'azienda deve eseguire lavori di saldatura all'interno di un serbatoio utilizzato per lo stoccaggio di sostanze chimiche.

■ Identificazione del rischio

I lavoratori potrebbero essere esposti al rischio di inalazione di fumi contenenti metalli pesanti, asfissia, esposizione a sostanze chimiche tossiche e correlate malattie polmonari croniche, anche di grave entità.

■ Valutazione della gravità e della probabilità presenti⁵⁴

Gravità del danno: S3 – Lesione grave che comporta generalmente la irreversibilità (potenziale perdita di vite umane e danni significativi alle strutture).

Frequenza o durata dell'esposizione: F2 – Da frequente a continua e/o lunga durata di esposizione.

Probabilità di accadimento: O3 – Probabile che si verifichi con frequenza (1×10^{-3} ev. anno).

Possibilità di evitare il danno: A1 – Evento possibile in alcune condizioni.

Conseguenze			O1		O2		O3	
			A1	A2	A1	A2	A1	A2
			10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
Probabilità			0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2
S3	F2	1,2	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	1,44
	F1	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20
S2	F2	0,8	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96
	F1	0,6	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72
S1	F2	0,4	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48
	F1	0,2	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24

Di seguito viene stimato l'indice di rischio presente, in funzione di quanto sopra indicato.

Analisi dei rischi (ante prevenzioni e DPI)				
ISO/TR 14121-2				
Frequenza	Occorrenza	Evitabilità	Severità del danno	Indice di rischio (R)
F2	O2	A2	S3	0,96

Magnitudo: 0,96 – Non accettabile.

■ Valutazione delle misure di mitigazione unita alla stima con analisi CBA

Per diminuire F:

- *Misure ingegneristiche*: ventilazione forzata per rimuovere vapori infiammabili (costo di 500,00 €/settimana, in base a un piano di ammortamento annuale).
- *Formazione e consapevolezza*: formazione pratica con addestramento (costo di € 200/lav. × anno).
- *Equipaggiamento protettivo*: equipaggiamento protettivo specifico (semimaschera con filtro: € 20 in base a un piano di ammortamento).
- *Rotazione del personale*: rotazione e sostituzione programmata (costo = € 100, maggiori costi aziendali).
- *Limitazione del tempo di esposizione*: limitazione del tempo con pause frequenti 20' ogni mezz'ora (€ 50).
- *Storicizzazione degli eventi*: storicizzazione degli eventi con feedback e miglioramento (€ 10).

Per diminuire O:

- *Manutenzione preventiva*: manutenzione preventiva con parti di ricambio di alta qualità (€ 50 a intervento).
- *Registrazione dei controlli manutentivi*: registrazione digitale dei controlli manutentivi (€ 10 ad attrezzatura).
- *Sistemi di rilevazione*: sistemi di rilevazione con analisi dei dati in tempo reale (€ 10, secondo piano di ammortamento).
- *Miglioramento dei controlli ambientali*: miglioramento dei controlli ambientali con formazione del personale (€ 150 a intervento).
- *Formazione e consapevolezza*: formazione pratica con addestramento (costo già previsto).
- *Formazione avanzata*: formazione avanzata con feedback e miglioramento continuo (maggiore costo di € 50/lav. per singolo intervento).
- *Equipaggiamento protettivo*: equipaggiamento protettivo specifico (costo già previsto).
- *Rotazione del personale*: rotazione e sostituzione programmata (costo già previsto).
- *Storicizzazione degli eventi*: storicizzazione degli eventi con feedback e miglioramento (costo già previsto).

Per diminuire A:

- *Formazione e consapevolezza e verifica reattività*: formazione e consapevolezza con certificazione e verifica della reattività.
- *Monitoraggio e allarmi efficaci*: monitoraggio e allarmi efficaci con feedback e miglioramento continuo.
- Valutazione dei rischi per *no routine activities*, fattori indesiderati e disattenzione e casi di emergenza.
- Esercitazioni pratiche su scenari di eventi straordinari determinati da *no routine activities*, indesiderati, disattenzione e casi di emergenza.

Per diminuire S:

- *Equipaggiamento protettivo*: equipaggiamento protettivo specifico (costo già compreso).
- *Revisione delle procedure*: revisione delle procedure con feedback e miglioramento continuo (€10 a intervento).
- *Formazione e consapevolezza*: formazione pratica con addestramento (costo già previsto).
- *Formazione avanzata*: formazione avanzata con feedback e miglioramento continuo (costo già previsto).
- *Storicizzazione degli eventi*: storicizzazione degli eventi con feedback e miglioramento (costo già previsto).

■ Con tali interventi di mitigazione, i parametri vengono così a ridursi:

Gravità del danno: S2 – Lesione grave che comporta generalmente la irreversibilità (potenziale perdita di vite umane e danni significativi alle strutture).

Frequenza o durata dell'esposizione: F1 – Da frequente a continua e/o lunga durata di esposizione.

Probabilità di accadimento: O2 – Probabile che si verifichi talvolta (1×10^{-4} ev./anno).

Possibilità di evitare il danno: A2 – Evento possibile in alcune condizioni.

Analisi dei rischi (ante prevenzioni e DPI)				
ISO/TR 14121-2				
Frequenza	Occorrenza	Evitabilità	Severità del danno	Indice di rischio (R)
F1	O2	A2	S2	0,48

Pertanto, applicando i concetti di accettabilità del rischio, così come presenti nella BS 18004:2008, nella matrice del rischio della ISO/TR 14121-2:2013 la magnitudo del danno si sposterebbe nel valore **3**, **ri-entrando così in campo ALARP**.

Si procede quindi a una verifica con una analisi costi-benefici per controllare che il rischio ALARP sia accettabile e che il costo derivante dalla riduzione ulteriore del rischio sia grossolanamente sproporzionato rispetto al beneficio ottenuto.

Misurazione del rischio	Valutazione di accettabilità
0÷0,24	Accettabile
0,32÷0,48	Rischio accettabile, ma che dovrebbe essere ridotto per quanto sia possibile dal punto di vista dei costi-benefici. Il rischio sarà considerato comunque accettabile qualora non risultasse ulteriormente riducibile in modo economicamente e organizzativamente ragionevole e siano al contempo soddisfatti tutti gli obblighi di legge applicabili al caso in esame
0,48÷0,64	
0,72÷0,80	
0,96÷1,44	Non accettabile

■ Analisi costi-benefici:

La somma degli interventi di mitigazione è pari a € 1.160,00 per 30 giorni di lavoro, con un importo totale per l'intervento ≈ 14.113 €/anno.

$CPF = 14.113 / (1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-4}) = € 15.681.111,11$ (costi per prevenire un eventuale incidente mortale)

$PF = € 15.681.111,11 / € 2.841.821,44$ (£ attualizzate ad agosto c.a. e convertite in euro) = 5,52

Fattore di sproporzione superiore a 3.

Decisione finale: nel nostro caso i costi sono ragionevoli e il fattore di sproporzione previsto è stato superato, per cui si validano le misure di mitigazione proposte.

CONCLUSIONI

In generale ALARP, come definito dall'HSE britannico, affida ai soggetti obbligati l'onere della responsabilità di trovare ogni ragionevole misura di sicurezza, ma consente anche la flessibilità di decidere quali misure sono necessarie ed efficaci, sulla base di una metodologia di analisi flessibile ma rigorosa.

La metodologia da applicare può essere qualitativa o quantitativa, da valutare in base all'accuratezza dell'analisi che dobbiamo condurre:

■ Quando il costo è chiaramente sproporzionato rispetto alla riduzione dei rischi, o i lavoratori sono esposti a rischi di dimensione limitata, può essere sufficiente un'analisi qualitativa.

■ Quando esiste un elevato grado di rischio o se esiste una situazione nuova oppure complessa, nella quale i costi non sono chiaramente grossolanamente sproporzionati, è necessario eseguire anche un'analisi costi-benefici quantitativa di supporto.

■ Nei casi con conseguenze più elevate, le analisi devono essere eseguite con maggiore accuratezza, con metodo esclusivamente quantitativo, ed elaborate con un livello di rigore più elevato.

È chiaro che l'approccio che deve essere utilizzato è in funzione della complessità dell'analisi che deve essere condotta.

Per la valutazione di un rischio non complesso è possibile l'applicazione di un criterio qualitativo che è più semplice e immediato (ma comporta un elevato livello di incertezza); man mano che la valutazione affronta rischi più complessi occorre applicare criteri qualitativi più accurati, supportati da criteri quantitativi sempre più precisi, al fine di ridurre l'incertezza.

Nel caso in cui si dovesse analizzare la probabilità che si verifichi un evento mediante una valutazione eseguita con un grado di incertezza (scarsa affidabilità del criterio stabilito per la valutazione della probabilità e delle conseguenze nell'analisi del rischio dopo avere introdotto le misure di mitigazione), occorre procedere sempre con il principio di precauzione⁵⁵, al fine di limitare l'esposizione dei lavoratori a un rischio grave o irreversibile. La mancanza di una piena certezza scientifica non dovrà essere utilizzata come motivo per rinviare misure economicamente efficaci per l'attenuazione dei rischi.

Il concetto ALARP, esteso sia ai grandi rischi sia a quelli di dimensione più limitata, aiuta a prendere decisioni informate su come gestire i rischi, bilanciando la sicurezza con la praticabilità economica e operativa utilizzando parametri statistici e di probabilità noti.

Note

1. Sia con norme statali sia con norme tecniche volontarie (nelle note successive alcuni riferimenti).
2. Trasporti su rotaia, Onshore e offshore, Aeroporti; Sicurezza sanitaria; Salute e sicurezza sul lavoro (tutte normative obbligatorie).
3. Rischio radiologico e nucleare; Centro per la Sicurezza dei Processi Chimici (CCPS); Condotte e materiali pericolosi; Regolamentazione Federale per l'energia (tutte normative tecniche).
4. Impianti classificati a incidente rilevante e offshore; normativa sulla sicurezza sul lavoro (tutte normative obbligatorie).
5. Trasporti su strada di merci pericolose (D.G.) (normativa obbligatoria).
6. "Seveso III"; Trasporti su strada; Tunnel stradali (Dir. UE 2004/54/CE); European Aviation Safety Agency (EASA); Criteri di accettazione del rischio in Agenzia europea per la sicurezza marittima (tutte normative tecniche, spetta agli Stati membri decidere quale metodologia applicare, non raccomandano specificatamente la metodologia ALARP).
7. Impianti classificati a incidente rilevante (normativa tecnica).
8. Abitazioni, pianificazione territoriale e ambiente (tutte normative obbligatorie).
9. Impianti classificati a incidente rilevante (normativa obbligatoria).
10. Tunnel stradali (normativa obbligatoria).
11. Installazioni offshore (normativa obbligatoria).
12. Paragrafo *Provision and Maintenance of Plant and Systems*.
13. Nota 2 del paragrafo 3.20 della UNI EN ISO 45001:2023.
14. Il termine anglosassone *likelihood* non ha equivalente in altre lingue; invece è spesso utilizzato *probability*, in inglese tale termine viene interpretato in senso restrittivo come termine matematico.
15. La vecchia metodologia numerica prevedeva che $R = f \times d$. In Olanda il criterio è molto più restrittivo in quanto utilizza una relazione $R = f \times d^2$.
16. Vedi anche webinar AIAS, P. Malavasi, M.R. Tamponi, *Metodologie di valutazione dei rischi dopo la pubblicazione della UNI EN ISO 45001:2018 – esempio di applicazione di una metodologia standardizzata*, 10/04/2024.
17. Similmente alla ex BS 18004:2008 e alla UNI ISO 45001:2018.
18. Il valore stimato è globale, in Italia il rischio di morte per incidente stradale è 2×10^{-4} morti/anno persona (dati ISTAT 2001).
19. La familiarità rende un pericolo molto più accettabile. La morte in un incidente stradale è più accettabile della morte causata da un incidente in una industria chimica. Un gran numero di incidenti distribuiti su un'ampia area è molto più accettabile rispetto al verificarsi dello stesso evento in un unico momento e in un unico luogo. Si consideri ad esempio l'impatto se tutti i decessi per cancro ai polmoni per esposizione a gas radon (probabilità pari a $3,4 \times 10^{-5}$ ev./anno) si verificassero in un unico luogo in un unico giorno.
20. In Olanda la soglia di non accettabilità è 10^{-5} , in Canada è 10^{-4} .
21. D.S. Bowles, *Tolerable risk for Dams: How safe is safe enough?*, US Society on Dams Annual Conference, 2007.
22. M. Jones-Lee, T. Aven (2011) hanno affermato che «l'interpre-

- tazione di ALARP in termini di grossolana sproporzione riduce la probabilità che alcuni dei responsabili possano cercare di evitare l'implementazione di un miglioramento della sicurezza sopravvalutando i costi» in E. Alakabbarli, M.M. Hamedanian, M. Guarascio, *ALARP in Engineering: Risk Based Design and CBA*, 2023.
23. Per una più completa esposizione sul valore economico della vita proposto dalle varie fonti prendere visione di: *Il valore della vita nell'Analisi Costi Benefici: concetti e valutazione*, J. Massiani, Dip. Economia, Università Cà Foscari, Venezia in «Rivista di Economia e Politica dei Trasporti», 2017. Nel presente documento vengono presi in considerazione i valori suggeriti dall'HSE UK.
 24. In *Cost Benefit Analysis (CBA) Checklist*, HSE, 2024. L'HSE suggerisce anche che «l'accuratezza dell'analisi deve essere adeguata allo scopo, vale a dire che è richiesto un maggiore dettaglio laddove il rischio è più elevato e le conseguenze siano gravi, ad esempio nel caso di esposizione a potenziali decessi multipli».
 25. *Good Practice Guide – Application of Cost Benefit Analysis to demonstrate ALARP*, UK Onshore Pipeline Operators' Association (UKOPA), Dec. 2018.
 26. D.S. Bowles, *Tolerable Risk for Dams: How safe is safe enough?*, US Society on Dams Annual Conference, 2007.
 27. *Delivering Benefits through Evidence – Guide to Risk Assessment for Reservoir Safety Management*, Environment Agency UK, 2013.
 28. I benefici dovrebbero includere ogni riduzione del rischio per i lavoratori e per la comunità adiacente. I benefici possono essere suddivisi in: decessi, lesioni (da gravi a lievi), malattia, danni ambientali e alle infrastrutture se rilevanti.
 29. Valori basati sui dati tratti da *The costs to Britain of Workplace Accidents and Work-related ill Health in 1995/96*, HSE; Highways Economic Note n. 1:2002, DfT; J.M. Hopkin, H.F. Simpson, *Valuation of road accidents*, Transport Research Laboratory, Report 163, DfT, 1995. Tutti i valori sono cifre medie e includono costi umani, mancata produzione e costi medici. La differenza tra le cifre per un infortunio permanentemente invalidante e una malattia permanentemente invalidante spiega il costo umano maggiore attribuito agli infortuni a causa del loro effetto a breve termine.
 30. Rivalutazione mediante Bank of England, ultima data cognita.
 31. Nel caso di decesso dovuto a cancro correlato all'attività svolta.
 32. Per casi di incidente nucleare causanti cancro, D.S. Bowles, *Alarp Evaluation: using Cost Effectiveness and Disproportionality to justify Risk Reduction*, 2003.
 33. In *Cost Benefit Analysis (CBA) Checklist*, HSE, 2024, opportunamente aggiornato.
 34. Vengono utilizzati i parametri aggiornati contenuti a pag. 51.
 35. Prodotto di $a \times b \times c$.
 36. Questo esempio non tiene conto dello sconto e dell'inflazione.
 37. Dato del 2003.
 38. Dato del 2003, in *HSE Principles for Cost Benefit Analysis (CBA) in support of ALARP Decisions*.
 39. Un'analisi di sensibilità consiste nel variare uno o più parametri del CBA, lasciando inalterati gli altri, per vedere come queste variazioni possano influenzare i risultati del CBA.
 40. Direttore dell'Institute for Dam Safety Risk Management, Utah Water Research Laboratory, College of Engineering, Utah State University, Logan, Utah 84322-8200, USA; e Preside del RAC Engineers & Economists, 1520 Canyon Road, Providence, Utah 84332-9431, USA.
 41. *Alarp Evaluation: using Cost Effectiveness and Disproportionality to justify Risk Reduction*, ANCOLD 2003 – Conference on Dams.
 42. Proposta del Central Electricity Generating Board di costruire una centrale nucleare con reattore ad acqua pressurizzata a Sizewell, nel Suffolk, condotta da Sir Frank Layfield QC, gennaio 1983 - marzo 1985.
 43. Vedi pag. 51.
 44. D.S. Bowles, *Guidance for Evaluation of Disproportionality Ratio HSE in Tolerable risk for Dams: How safe is safe enough?*, 2007.
 45. D.A. Jones, *Nomenclature for hazard and risk assessment in the process industries*, Institution of Chemical Engineers, 1992.
 46. Il grafico F/N che identifica i criteri di accettabilità varia in funzione del Paese, quello in figura è per la Gran Bretagna. Per altre fonti governative: Health and Safety Executive, 1992; Hong Kong, Government Planning Department, 1994; ANCOLD, 1994; Geotechnical Engineering Office, 1998.
 47. Wong et al. (1997).
 48. I dati come pendenza, punto di partenza delle varie curve di rischio sociale vengono desunti dalle curve storiche degli incidenti già avvenuti, mediante analisi delle banche dati.
 49. A. Carpignano, S. Tuninetti, *Analisi comparativa dei criteri di accettabilità del rischio e considerazioni sul D.M. 09/05/2001*, Dip. Energetica, Politecnico di Torino.
 50. In Italia non sono presenti valori di riferimento, ma si rammenta il contributo del progetto ARTIS, promosso nel 1990 dalla Regione Friuli Venezia Giulia, volto a quantificare i limiti ALARP, in uno studio sui rischi per la popolazione derivanti da incendi, esplosioni e fumi tossici causati da attività industriali nell'area industriale e portuale della città di Trieste.
 51. MHIDAS (Major Hazardous Incident Data Service) (UK), banca dati gestita da SDR (Safety and Reliability Directorate) per conto di HSE (Health and Safety Executive) che contiene dati su incidenti rilevanti su infrastrutture onshore.
 52. Una trattazione più approfondita della curva F/N nel caso di incidenti rilevanti che hanno coinvolto persone vicine a installazioni industriali in A. Carpignano, S. Tuninetti, *Analisi comparativa dei criteri di accettabilità del rischio e considerazioni sul D.M. 09/05/2001*, Dip. Energetica, Politecnico di Torino.
 53. Nell'esempio viene aggiunto il parametro S3 – UNI ISO/TR 14121 proposto alla UNI ISO/TR 14121-2:2013, per meglio dettagliare la tipologia del danno atteso e l'indice di rischio viene reso più cautelativo rispetto alla matrice di pag. 49.
 54. Valutazione qualitativa.
 55. Introdotto per la prima volta, similmente per la tematica ambiente, con la Conferenza di Rio del 1992, ma che si ritiene debba essere necessariamente introdotto anche nel campo della sicurezza sul lavoro.

Bibliografia

- D.S. Bowles, *ALARP Evaluation: Using Cost Effectiveness and Disproportionality to Justify Risk Reduction*, 2003.
- The Social Aspects of Risk*, SpringerBriefs in Philosophy, January 2003.
- Delivering Benefits through Evidence – Guide to Risk Assessment for Reservoir Safety Management - Volume 2: Methodology and Supporting Information – Flood and Coastal Erosion Risk Management Research and Development Programme*, 2013.
- J. Flauw, C. Lenoble, *Guide to Implement the ALARP Principle for Installations Classified for the Protection of the Environment (ICPE)*, 2015, nell'ambito dell'INERIS.
- Risk Acceptance Criteria and Risk Based Damage Stability. Final Report, part 1: Risk Acceptance Criteria*, European Maritime Safety Agency, 2015.
- B.J.M. Ale, D.N.D. Hartford, D. Slater, *ALARP and CBA all in the same game*, in «Safety Science», 2025.
- Il valore della vita nell'Analisi Costi Benefici: concetti e valutazione*, J. Massiani, Dip. di Economia, Università Cà Foscari, Venezia, in «Rivista di Economia e Politica dei Trasporti», 2017.
- M.K. O'Connor, *Risk Acceptance Criteria: Overview of ALARP and Similar Methodologies as Practiced Worldwide*, 2020.
- E. Alakbarli, M.M. Hamedanian, M. Guarascio, *ALARP in Engineering: Risk Based Design and CBA in COMPLEXIS 2023 - 8th International Conference on Complexity, Future Information Systems and Risk*, Department of Civil, Constructional and Environmental Engineering, Sapienza University, Rome, Italy, 2023.
- HSE principles for Cost Benefit Analysis (CBA) in support of ALARP Decisions*, HSE UK, 2024.

Maria Rosa Tamponi

Studio Tecnico di Ingegneria, Socia AIAS

In qualità di CSP, CSE, RSPP e formatore sicurezza da 25 anni, ha seguito e segue numerosi importanti e complessi interventi di implementazione in ambito petrolchimico, è membro della Commissione Sicurezza dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari e membro GTS Spazi Confinati AIAS.

Paolo Malavasi

Studio Tecnico di Ingegneria, Socio AIAS

CSP, CSE, RSPP e formatore sicurezza da 25 anni nel settore industriale, è membro della Commissione Sicurezza dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari e membro GTS Spazi Confinati AIAS.