



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI INGEGNERI



***LA VALUTAZIONE RISCHI MECCANICI: APPROCCI DA  
SEGUIRE E MODALITA' DI VERIFICA E CONTROLLO  
DOTT. ING. LUIGI ZERELLA (ORDINE ING. MILANO)***

Piattaforma webinar Fondazione CNI **venerdì 22 gennaio 2021**



# Scopo e Obiettivi

- Illustrare in sintesi e nell'ambito della sicurezza delle macchine, gli approcci, le metodologie e le tecniche per affrontare in modo corretto e costruttivo la «valutazione dei rischi meccanici»;
- L'obiettivo è di far comprendere quanto la valutazione dei rischi debba essere al centro del **programma sicurezza** e non solo un obbligo di legge a cui rispondere con la mera compilazione di format e modelli standard.



# Riferimenti Legislativi

- Innanzitutto fughiamo il dubbio che ancora oggi qualcuno ha: la valutazione dei rischi è un obbligo di Legge – si intende sia eseguirla che conservarla!
- I riferimenti relativi all'obbligo di Legge:
  - Direttiva Macchine: considerando 23, Allegato I, Allegato VII;
  - D.Lgs. 81/08 e s.m.i. – Titolo III Art. 17 e art. 71.
- Ci rivolgiamo quindi sia ai fabbricanti di macchine, come definito dalla Direttiva 2006/42/CE, sia ai Datori di lavoro (con doppio ruolo di utilizzatori e fabbricanti);



# Premessa

- (Fab.) La valutazione dei rischi è lo strumento che si considera alla base dei principi di integrazione per la sicurezza di una macchina (Allegato I – §1.1.2) ovvero immettere sul mercato una macchina in cui i rischi siano stati ridotti il più possibile ad un livello accettabile e completa delle informazioni relative ai rischi che non è stato possibile eliminare a seguito delle misure adottate.



# Premessa (2)

- (DDL) All'acquisto di una attrezzatura il Datore di lavoro deve eseguire la valutazione dei rischi che essa comporta in relazione a:
  - le condizioni e le caratteristiche specifiche del lavoro da svolgere;
  - i rischi presenti nell'ambiente di lavoro;
  - i rischi derivanti dall'impiego delle attrezzature stesse;
  - i rischi derivanti da interferenze con le altre attrezzature già in uso.
- (DDL) Qualora si trovasse nella situazione di dover assemblare macchine provenienti da diversi fabbricanti, sarebbe in tutto equiparato ad essi.



# Generalità

- Per sua stessa definizione la valutazione dei rischi è SOGGETTIVA;
- Perché possiamo parlare ad entrambi le figure Fabbricante e Datore di lavoro senza grandi differenze?
  - 1) Perché pur essendo intrinseca una certa dualità (obbligo di legge e sicurezza della macchina) della valutazione del rischio, l'obiettivo è unico;
  - 2) Perché il linguaggio (o meglio le definizioni) sono le stesse che ci si rivolga al Fabbricante o al Datore di lavoro;
  - 3) Infine a partire dalla Direttiva 2006/42/CE è da considerare fabbricante anche chi assembla macchine di diversi fabbricanti e questo è molto comune ai DDL.



# Generalità

- La valutazione dei rischi è un processo complesso;
- Deve essere affrontato con conoscenze multidisciplinari;
- Ed è per questo che spesso si considera utile che sia svolta da un team con conoscenze ed esperienza in più ambiti: elettrica, meccanica, elettronica, Atex o PED (dove necessario), ma anche di statistica di incidenti.



# Definizioni dalla 2006/42/CE

- Allegato I – al punto 1.1- Principi Generali, «il fabbricante o il suo mandatario con un processo iterativo della valutazione dei rischi e della riduzione dei rischi»:
  - stabilisce i **limiti della macchina**, il che comprende l'uso previsto e l'uso scorretto ragionevolmente prevedibile,
  - individua i **pericoli** cui può dare origine la macchina e le **situazioni pericolose** che ne derivano,
  - **stima** i **rischi**, tenendo conto della gravità dell'eventuale lesione o danno alla salute e della probabilità che si verifichi,
  - **valuta** i rischi al fine di stabilire se sia richiesta una riduzione del rischio conformemente all'obiettivo della presente direttiva,
  - **elimina i pericoli** o **riduce i rischi** che ne derivano, applicando le misure di protezione.



# Definizioni dalla 2006/42/CE

- Gli obblighi previsti dai Requisiti Essenziali di Sicurezza e di tutela della Salute si applicano soltanto se esiste il pericolo corrispondente per la macchina in questione, allorché viene utilizzata nelle condizioni previste dal fabbricante, o dal suo mandatario, o nelle condizioni anormali prevedibili.
- Il principio di integrazione della sicurezza di cui al punto 1.1.2 e gli obblighi relativi alla marcatura e alle istruzioni di cui ai punti 1.7.3 e 1.7.4 si applicano comunque.
- Quindi analisi e valutazione dei rischi, servono per definire quali RESS sono applicabili, ma **NON SONO MAI DA CONFONDERE ANALISI DEI RISCHI E ANALISI DEI RESS.**



# Approccio di tipo Normativo

- Come affrontare la valutazione dei rischi?
- **Approccio** di tipo Normativo:
  - UNI EN ISO 12100:2010- Sicurezza del macchinario - Principi generali di progettazione - Valutazione del rischio e riduzione del rischio.
    - Norma armonizzata di tipo A (generale) che dal 2010 è l'unione di tre norme: EN ISO 12100-1, EN ISO 12100-2 e EN ISO 14121-1; da cui si possono desumere le definizioni, i pericoli e gli eventi pericolosi;
  - UNI ISO/TR 14121-2:2013 - Sicurezza del macchinario - Valutazione del rischio - Parte 2: Guida pratica ed esempi di metodi



# Definizioni utili

- **Danno:** Lesione fisica o danno alla salute.
- **Pericolo:** Potenziale sorgente di danno. Il termine “pericolo” può essere qualificato al fine di definire la sua origine (per esempio pericolo di natura meccanica, elettrica) o la natura del danno potenziale (per esempio pericolo di elettrocuzione, pericolo di taglio, incendio).
- **Rischio:** Combinazione della probabilità di accadimento di un danno e della gravità di quel danno.

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

- **Rischio residuo:** Rischio che rimane dopo aver applicato le misure tecniche di protezione.
- **Criticità:** Pericolo non eliminato in fase di progettazione e successivamente rilevato, dopo che l'attrezzatura è stata messa in servizio/commercio.

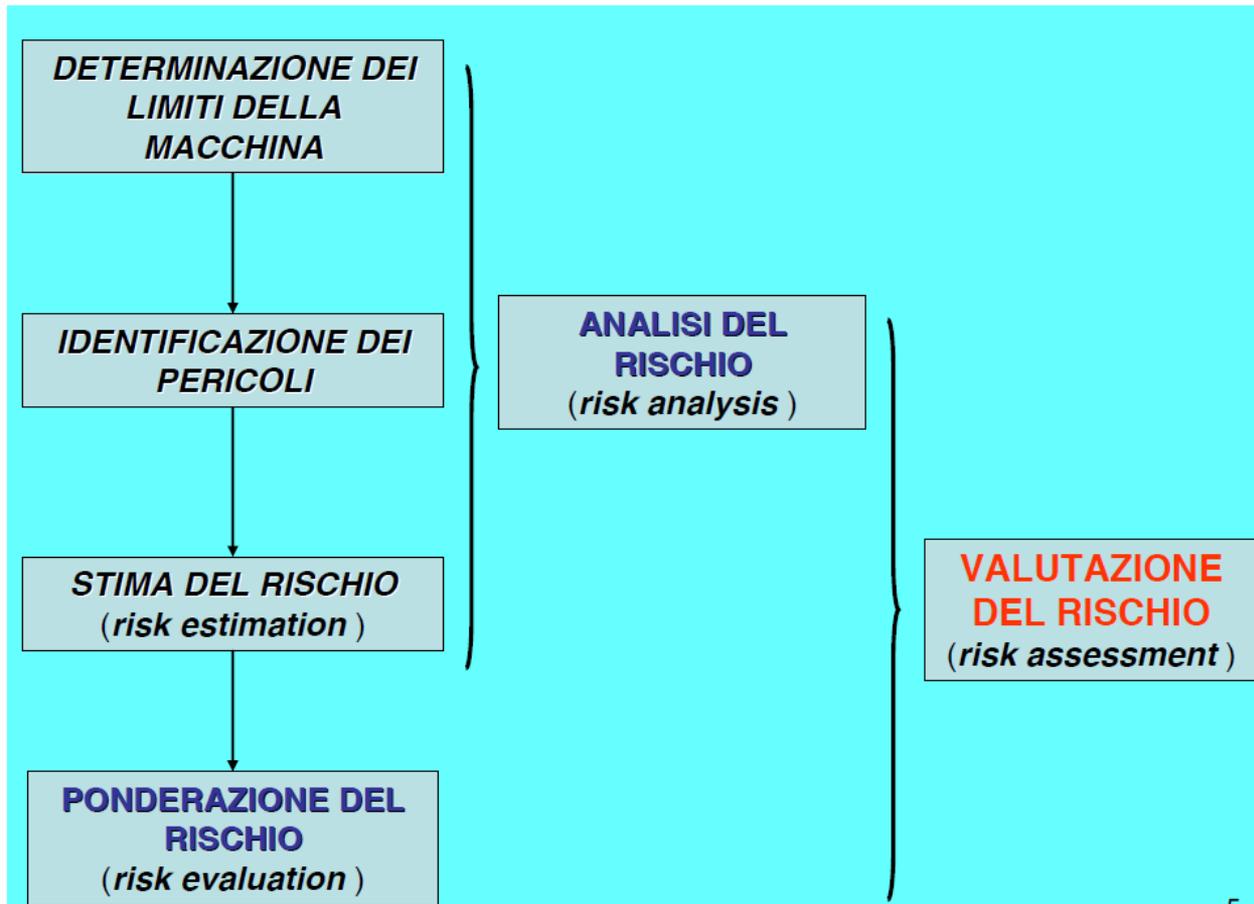


# Definizioni utili

- **Stima del rischio:** Definizione della probabile gravità del danno e della probabilità del suo accadimento;
- **Analisi del rischio:** Combinazione della determinazione dei limiti della macchina, dell'identificazione dei pericoli e della stima del rischio.
- **Ponderazione del rischio:** Giudizio destinato a stabilire, sulla base dell'analisi del rischio, se gli obiettivi di riduzione del rischio sono raggiunti.
- **Valutazione del rischio:** Processo complessivo che comprende sia un'analisi sia una ponderazione del rischio e che porta a definire se il rischio presentato da una macchina è accettabile o meno



# Definizioni utili





# Sintesi valutazione dei rischi

La valutazione del rischio comprende :

- **Analisi del rischio**, che include:
  - 1) determinazione dei limiti della macchina
  - 2) identificazione dei pericoli, e
  - 3) stima del rischio
- **Ponderazione del rischio**
- L'analisi del rischio fornisce le informazioni necessarie per la ponderazione del rischio, che a sua volta permette di **valutare** se sia necessaria la riduzione del rischio.
- Come? Basandosi su una stima qualitativa o, quando appropriato, quantitativa, del rischio associato ai pericoli presenti sulla macchina.



# Definizioni utili

- **Usò previsto:** Uso di una macchina in conformità alle informazioni per l'uso fornite nelle istruzioni.
- **Usò scorretto ragionevolmente prevedibile:** uso di una macchina in un modo non previsto dal progettista, ma che può derivare da un comportamento umano facilmente prevedibile
- **Guasto:** Il termine della capacità di un elemento di eseguire una funzione richiesta.
- **Avaria:** Lo stato di un elemento caratterizzato dall'incapacità di eseguire una funzione richiesta, esclusa l'incapacità durante la manutenzione preventiva o altre azioni programmate o dovuta alla mancanza di risorse esterne.
- **Malfunzionamento:** Incapacità di una macchina di svolgere la funzione prevista.



# Cosa dice la Direttiva Macchine?

- Il fabbricante deve garantire che sia effettuata una valutazione dei rischi per stabilire i requisiti di sicurezza che concernono la macchina che deve essere progettata tenendo conto dei risultati della valutazione dei rischi;
- Eliminare o ridurre il più possibile i rischi;
- Adottare le misure di protezioni necessarie nei confronti dei rischi che non possono essere eliminati;
- Informare gli utilizzatori dei rischi residui

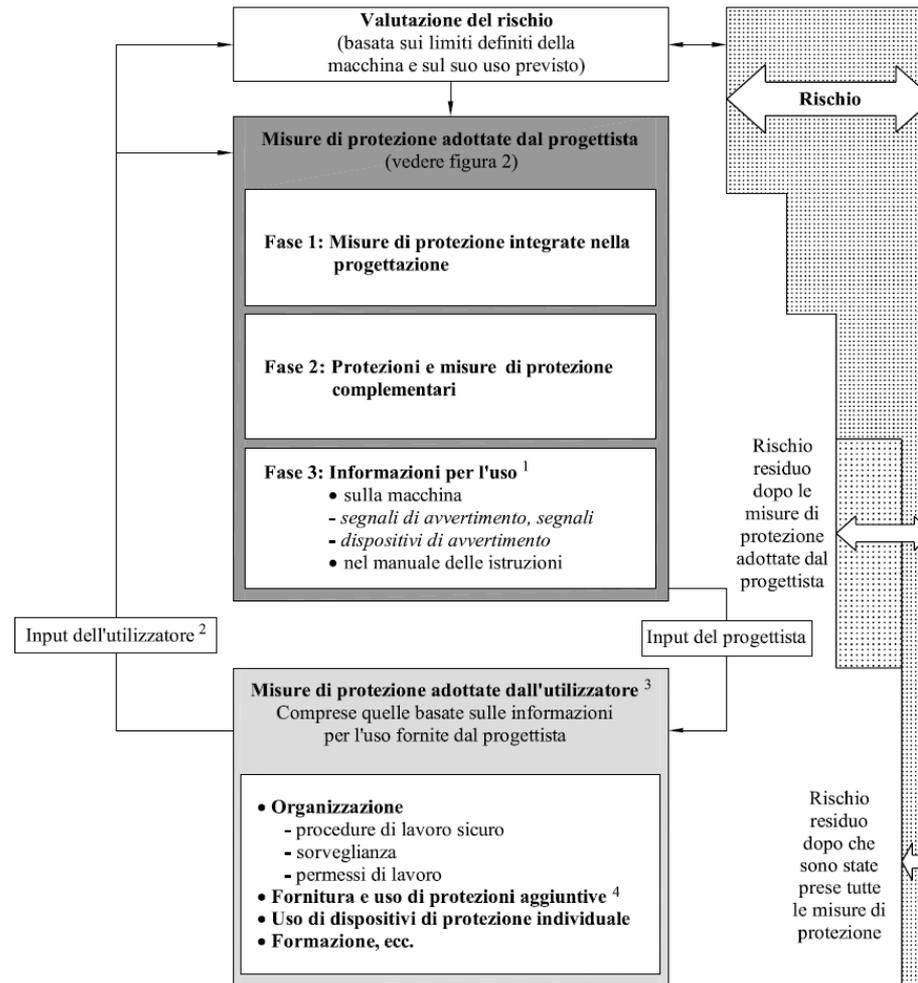


# Cosa dice la Direttiva Macchine?

- Eliminare ogni rischio durante l'esistenza prevedibile della macchina comprese le fasi di:
  - Trasporto
  - Montaggio
  - Funzionamento
  - Manutenzione
  - Smontaggio
  - Smantellamento

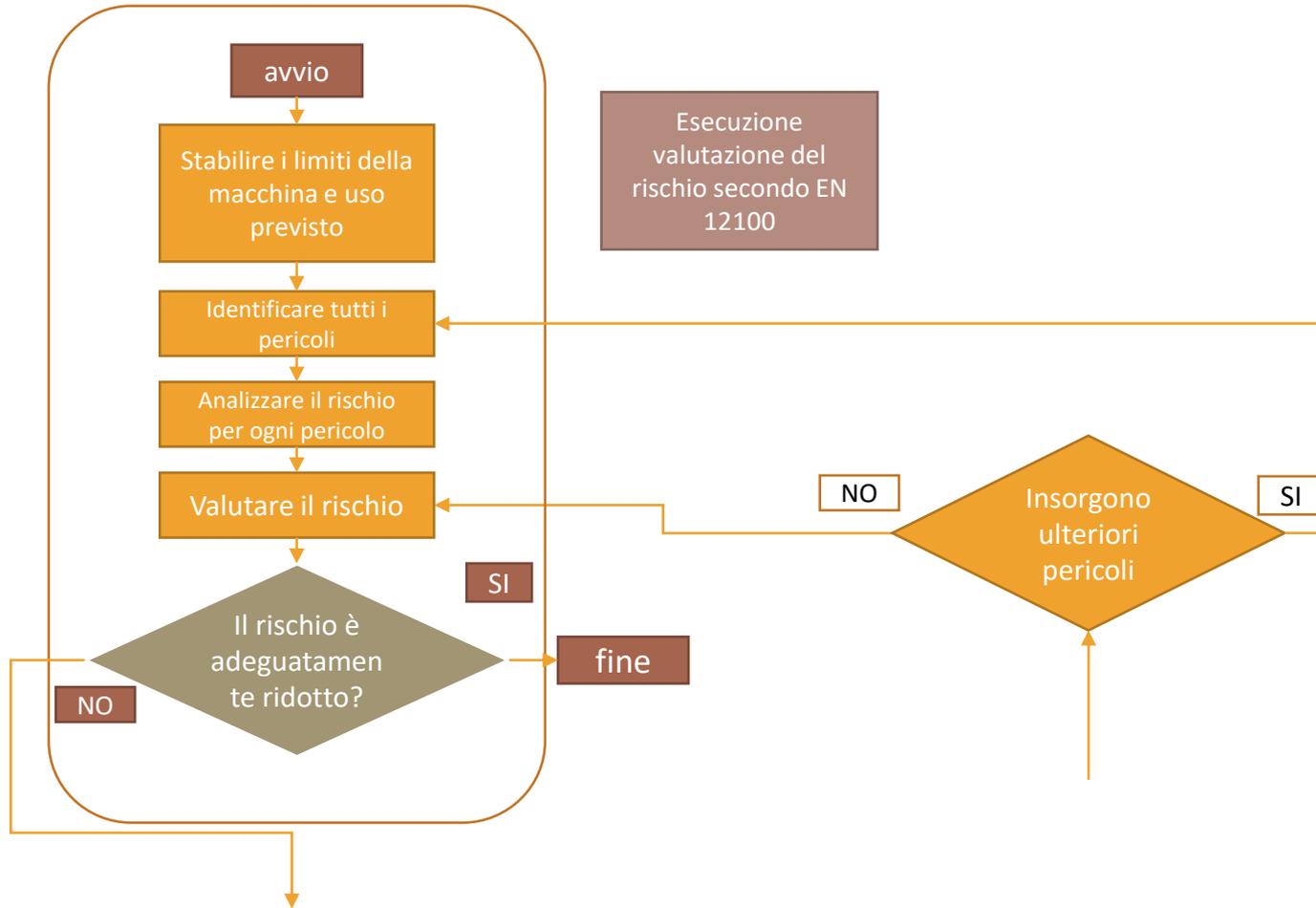


# Principio della EN ISO 12100:2010

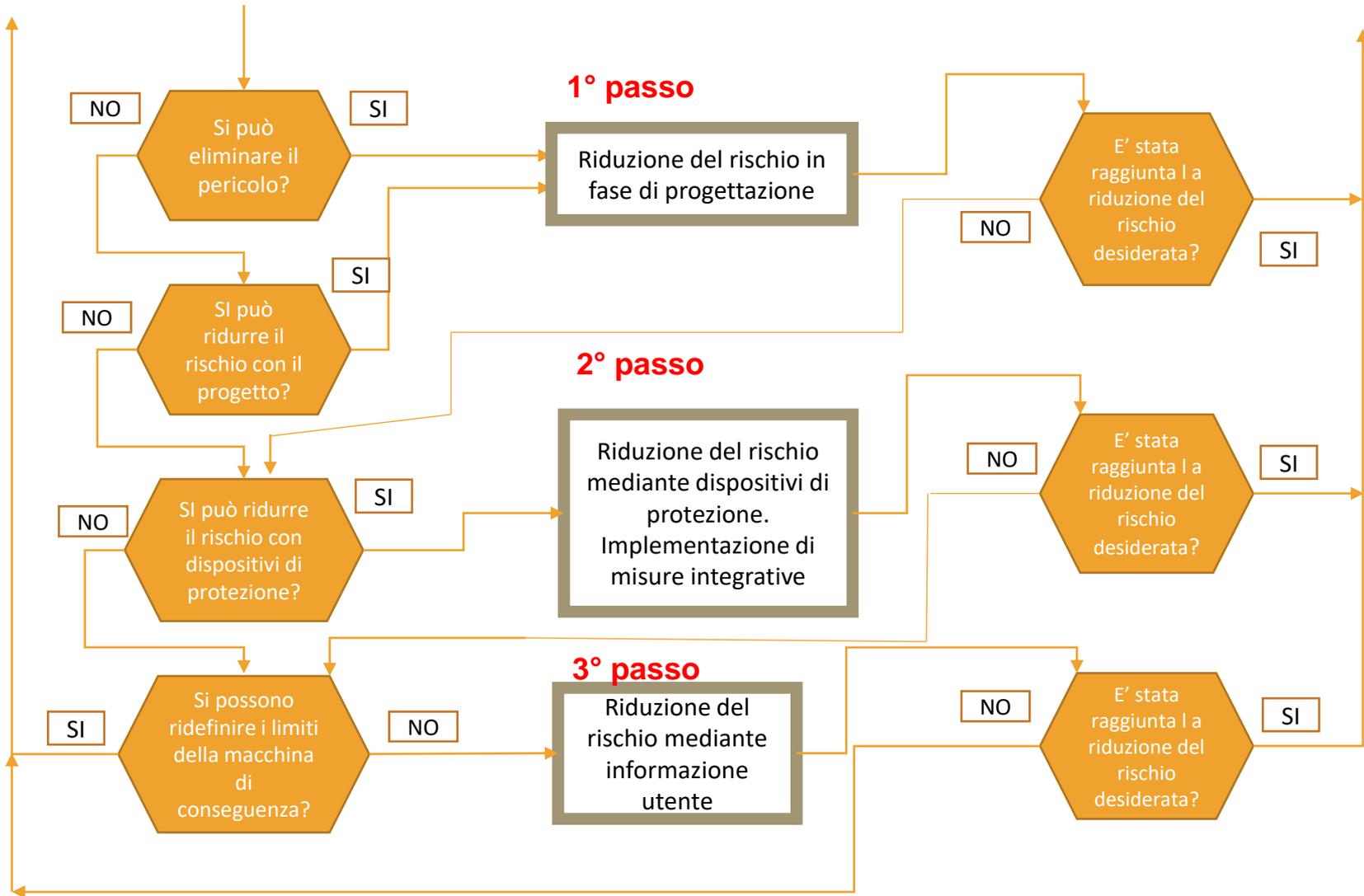




# Procedimento = Processo iterativo



# Processo iterativo (segue)





# Determinazione dei limiti della macchina

- Limiti di uso= modi di funzionamento, tipologia addetti, formazione, esperienza, capacità;
- Limiti di spazio = raggio di movimento della macchina- spazi per le persone-spazi per interfaccia con l'alimentazione;
- Limiti di tempo= limiti di durata della macchina e/o dei suoi componenti – intervalli di manutenzione richiesta;
- Limiti ambientali= temperature – ore al chiuso- ore all'aperto, ecc.
- Limiti per i materiali da lavorare



# Identificazione dei pericoli

- Tutti i pericoli e gli eventi pericolosi ragionevolmente prevedibili associati alle diverse mansioni;
- Alcuni esempi di mansioni:
  - messa a punto,
  - prove,
  - cambio processo/attrezzature,
  - tutti i modi di funzionamento,
  - alimentazione del prodotto,
  - arresto della macchina (emergenza),
  - ripresa o riavvio dopo un blocco,
  - ricerca ed eliminazione guasti (operatore),
  - pulizia, manutenzione ordinaria,
  - manutenzione preventiva e correttiva



# Pericoli di natura meccanica

Natura	Pericolo	Tipo (P/E)	Fase di vita
Pericoli / Eventi pericolosi di natura meccanica	Taglio, abrasione per contatto con superfici della macchina/struttura	P	Normale/Manutenzione
	Schiacciamento	P	Trasporto
	Impigliamento	P	Normale/Manutenzione
	Intrappolamento (parti del corpo)	P	Normale/Manutenzione
	Scivolamento, inciampo, caduta	P	Normale/Manutenzione
	Urto	P	Normale/Manutenzione
	Perdita della stabilità della macchina/struttura di sostegno	E	Normale
	Contatto con le parti in movimento	E	Normale/Manutenzione
	Contatto con parti sporgenti	E	Normale/Manutenzione
	Rottura durante il funzionamento	E	Normale/Manutenzione
	Movimenti incontrollati	E	Normale/Manutenzione
	Eiezione fluidi per alta pressione / rottura struttura/tubazioni	E	Normale



# Rapporto tra pericoli e R.E.S.S

Natura del pericolo	Origine del pericolo	Potenziale conseguenza	Riferimento RESS 2006/42/CE
Pericoli di natura meccanica	Accelerazione, decelerazione	Trascinamento	1.3.7, 1.4
	Elementi angolari	Taglio o sezionamento	1.3.4
	Avvicinamento di parti in movimento a parti fisse	Schiacciamento	1.3.7, 1.3.8
	Parti taglienti	Taglio o sezionamento	1.3.4
	Elementi elastici	Schiacciamento	1.3.7
	Caduta oggetti	Urto o schiacciamento	1.1.5, 1.3.3
	Energia potenziale di elementi che possono spostarsi sotto l'effetto della gravità	Urto o schiacciamento	1.3.3, 1.3.9
	Lavoro in quota	Scivolamento, inciampo o caduta	1.5.15, 1.6.2
	Alta pressione	Iniezione, puntura	1.3.2, 1.5.3
	Instabilità	Urto o schiacciamento	1.1.5, 1.3.1
	Energia Cinetica e/o energia potenziale	Caduta o eiezione di oggetti	1.3.2, 1.3.3
	Mobilità del macchinario	Schiacciamento	1.1.5, 1.3.1, 1.3.7, 1.3.8, 1.4
	Elementi mobili	Urto o schiacciamento	1.1.5, 1.3.1, 1.3.7, 1.3.8, 1.4
	Elementi rotanti	Trascinamento o Impigliamento	1.3.7, 1.3.8, 1.4
	Superfici ruvide, scivolose	Attrito o abrasione	1.3.4
	Spigoli taglienti	Attrito o abrasione	1.3.4
	Energia immagazzinata	Schiacciamento	1.3.1, 1.3.9
	Vuoto	Trascinamento, intrappolamento o soffocamento	1.5.14



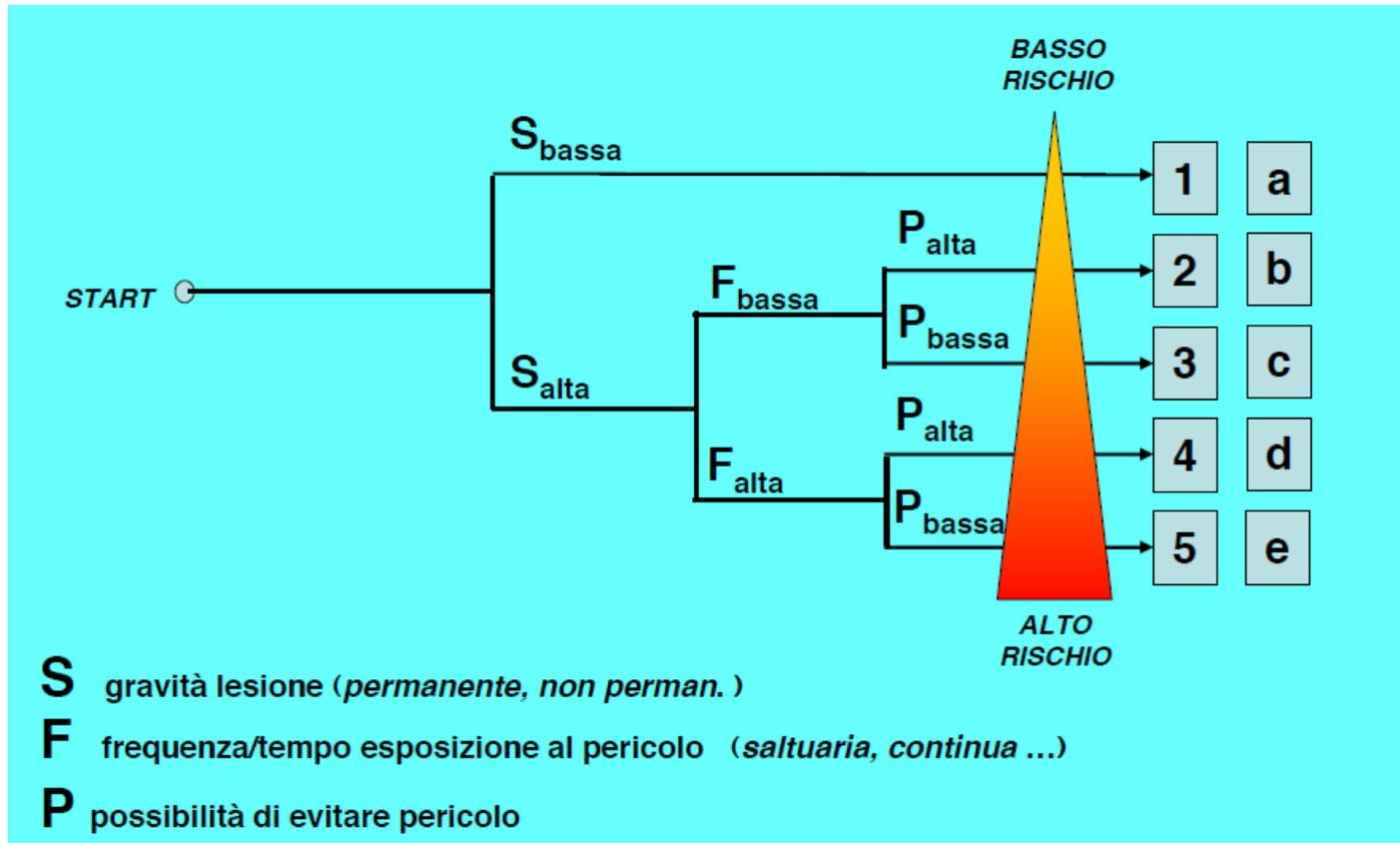
# Metodi per la stima del rischio

- **EN ISO 12100** demanda all'uso dei metodi illustrati nella **ISO/TR 14121-2** (anche se non armonizzata) per la valutazione dei rischi relativi alle macchine:
  - 1) matrice del rischio;
  - 2) grafico del rischio;
  - 3) punteggio numerico;
  - 4) combinazione di metodi (metodo ibrido).
- Nelle slides successive è illustrato un esempio di **metodo ibrido**



# Metodi per la stima del rischio

## METODO GRAFICO SEMPLIFICATO





# Metodi per la stima del rischio

## MATRICE DEL RISCHIO

PROBABILITÀ	MAGNITUDO			
	1 (Danni lievi)	2 (Danni modesti)	3 (Danni significativi)	4 (Danni gravi)
4 (Alta)	4	8	12	16
3 (Media)	3	6	9	12
2 (Bassa)	2	4	6	8
1 (Bassissima)	1	2	3	4

 Rischio accettabile

 Rischio basso

 Rischio significativo

 Rischio elevato



# Tecniche per la valutazione dei rischi

- A-IDENTIFICAZIONE DEI PERICOLI:
  - Brainstorming;
  - Check list;
  - What if ;
  - Hazop (Hazard Analysis & Operability);
  - Hazid (hazard identification);
  - FMEA/FMEDA/FMECA



# Tecniche per la valutazione dei rischi

- B-ANALISI DEL RISCHIO:
  - Albero dei guasti;
  - Albero degli eventi;
  - Human reliability Analysis (HRA);
  - Metodo Bow-Tie (farfallino);
  - Analisi LOPA (Layer of Protection);



# Tecniche per la valutazione dei rischi

- C-VALUTAZIONE DEL RISCHIO:
  - Indici di rischio;
  - Matrice di rischio;
  - Grafici rischio
  - Analisi costi-beneficio;



# Metodo ibrido e Matrice di valutazione dei rischi

- Il metodo si applica nel modo seguente:
  - 1. Stabilire i pesi numerici per la Gravità, la Frequenza, Probabilità ed Evitabilità del danno (le tabelle di seguito con i relativi pesi numerici);
  - 2. Sommare i tre pesi di Frequenza, Probabilità e Evitabilità per determinare la Classe di probabilità “CL” (Class) ( $CL = FR + PR + AV$ ). Il CL avrà un valore compreso tra 3 e 16;
  - 3. Inserire in una matrice di ponderazione le dimensioni Gravità e Classe (successiva).;
  - 4. calcolare il rischio trovando il punto d’incrocio della riga (CL) con la colonna (SE) della matrice.



# Metodo ibrido e Matrice di valutazione dei rischi

## CLASSE DI RISCHIO

Conseguenze / Gravità del danno		Classe di rischio CL (FR+PR+AV)					Frequenza (Fr)		Probabilità (Pr)		Evitabilità (Av)	
		3-4	5-7	8-10	11-13	14-15						
Irreversibile: morte, perdita di un occhio o un braccio	4	Yellow	Red	Red	Red	Red	≤ 1 h	5	Molto Alta	5		
Irreversibile: rottura di un arto, perdita dita	3	Green	Yellow	Red	Red	Red	> 1 ora a ≤ 1 giorno	4	Probabile	4		
Reversibile: necessità di intervento medico	2	Green	Green	Yellow	Red	Red	> 1 giorno a ≤ 2 settimana	3	Possibile	3	Impossibile	5
Reversibile: pronto soccorso	1	Green	Green	Green	Yellow	Red	> 2 settimana a 1 anno	2	Scarsa	2	Possibile	3
							> 1 anno	1	Trascurabile	1	Probabile	1



# Metodo ibrido e Matrice di valutazione dei rischi



**Tabella 4-2- Frequenza di esposizione**

<b>Frequenza di esposizione (Fr)</b>		
≤ 1 ora	Costante	5
> 1 ora a ≤ 1 giorno	Molto frequente	4
> 1 giorno a ≤ 2 settimane	Frequente	3
> 2 settimane a 1 anno	Raro o dovuto a rare occasioni	2
> 1 anno	Inesistente o dovuto a circostanze estreme	1



**Tabella 4-3- Probabilità di accadimento**

<b>Probabilità accadimento (Pr)</b>		
Molto Alta	Evento quasi certo	5
Probabile	Evento che ci si può aspettare	4
Possibile	Possibile evento (non raro)	3
Scarsa	Possibile evento (è possibile che accada)	2
Trascurabile	Quasi impossibile	1

**Tabella 4-4- Probabilità di evitare il danno**

<b>Probabilità di evitare o limitare il danno (Av)</b>		
Impossibile		5
Possibile		3
Probabile		1



# Stima del rischio : Esposizione al pericolo

- Necessità di accesso alla zona pericolosa;
- Natura dell'accesso (esempio carico manuale)
- Tempo trascorso nella zona pericolosa;
- Frequenza di accesso



# Stima del rischio : Probabilità che si verifichi un evento pericoloso

- Affidabilità ed altri dati statistici
- Casistica degli infortuni;
- Confronto dei rischi con quelli di macchine simili



# Stima del rischio : Possibilità di evitare il danno

- Qualifica del personale;
- Velocità del verificarsi del danno;
- Consapevolezza del rischio per informazioni ricevute, formazione, segnali di avvertimento;
- Possibilità fisica (prontezza di riflessi, possibilità di fuga)
- Esperienza pratica
- Mezzi a disposizione





# Matrice completa di valutazione del rischio (esempio)

REF.	Origine del pericolo	Pericolo	R.E.S.S.	Parte macchina	Attività	Evento pericoloso	SE	Fr	Pr	Av	Cl	Esito
1.2	Elementi mobili	Schiacciamento, urto	1.1.5 - Progettazione della macchina ai fini della movimentazione 1.2.1 - Sicurezza ed affidabilità dei sistemi di comando 1.2.2 - Dispositivi di comando 1.2.3 - Avviamento 1.2.4 - Arresto 1.2.5 - Selezione del modo di comando o di funzionamento	Isola robotizzata	Uso in Normal Mode (Produzione)	Accesso accidentale dell'operatore nella zona di applicazione automatica durante la produzione. Robot in movimento	4	4	4	3	11	Misure di protezione richieste - Protection measures required

Misure di protezione [misure di integrazione durante la progettazione]	P Lr	SE	Fr	Pr	A v	Cl	Esito Result	Sistemi di protezione	P Lr	SE	Fr	Pr	A v	Cl	Esito
Utilizzo di robot provvisti di marcatura CE. Barriere fotoelettriche in ingresso e uscita della zona automatica che garantiscano il blocco in sicurezza dei robot al passaggio di una persona. Fine corsa di sicurezza sulle porte di accesso alla zona automatica - blocco in sicurezza dei robot in caso di apertura. Progettazione del Loop di sicurezza in accordo alla EN 13849-1 con PLr=d	d	4	1	2	1	4	Misure di protezione raccomandate - Protection measures recommended	Ripari fissi o interbloccati	d	4	1	1	1	3	Misure di protezione raccomandate - Protection measures recommended



# Matrice completa di valutazione del rischio (esempio)

							Prescrizioni e cartelli generali			
Misura organizzativa	SE	Fr	Pr	A v	CI		Esito Result	Rischi residui Residual Risk		
 Durante il funzionamento l'operatore non è autorizzato ad accedere alla zona di applicazione automatica. Formazione obbligatoria per gli operatori.	3	1	1	1	3		<b>Accettabile - Acceptable</b>	Avvertimenti e prescrizioni relativi ad utilizzo dei DPI come da pittogramma   		



# Fondamentali per la compilazione della matrice

- Considerare sempre la caratteristica intrinseca del pericolo: se una lama taglia, continua a farlo anche dietro ad una protezione; non si riduce la gravità;
- L'utente di solito non si «vuole fare male» ma a volte compie delle operazioni che comportano delle scorciatoie (comportamento scorretto ma prevedibile)
- La concomitanza di più fattori origine del pericolo dovrebbe essere analizzata separatamente;
- Metodo analisi top-down oppure bottom-up nei confronti di un pericolo?



# Norme utili alla VR di tipo meccanico

- Le norme di tipo B armonizzate secondo la Direttiva Macchine relative alla scelta dei ripari, affidabilità dei sistemi di controllo (non esaustivo) :
  - UNI EN ISO 13857:2020 - Sicurezza del macchinario - Distanze di sicurezza per impedire il raggiungimento di zone pericolose con gli arti superiori e inferiori;
  - UNI EN ISO 14119:2013- Sicurezza del macchinario - Dispositivi di interblocco associati ai ripari - Principi di progettazione e di scelta;
  - UNI EN ISO 14120:2015-Sicurezza del macchinario - Ripari - Requisiti generali per la progettazione e la costruzione di ripari fissi e mobili;
  - UNI EN ISO 13849-1:2016 - Sicurezza del macchinario - Parti dei sistemi di comando legate alla sicurezza - Parte 1: Principi generali per la progettazione



# Norme utili alla VR di tipo meccanico

- La norme di tipo C relativa alla tipologia di macchina sotto esame;
- Le norme di tipo B e di tipo C non contribuiscono solo a «compilare» la matrice di valutazione ma alla sicurezza della macchina.
- Quello che non c'è nella norme è la «valutazione» che rimane a carico di chi esegue la VR;
- Domanda: se si utilizza una norma di tipo C il fabbricante è esentato dalla valutazione dei rischi?

No secondo la Guida alla Direttiva Macchine



# Metodi di verifica e controllo della VR

- In realtà non esiste un vero metodo di controllo della correttezza della valutazione dei rischi;
- Tecniche di controllo:
  - Check list con parametri di controllo dipendenti dalle norme di tipo C (quando ci sono) o dalle norme di tipo B in relazione a quanto le norme soddisfano i RESS;
  - Contenuti della Check list: rischio iniziale – misura di adeguamento- priorità- esito in relazione a quanto presente nelle norme e a quanto contenuto nel RESS corrispondente a quel pericolo.
  - I R.E.S.S rappresentano l'elemento di controllo della correttezza della VR (un RESS deve essere soddisfatto se esiste un pericolo per la macchina).



# Metodi di verifica e controllo della VR

- Dove è necessario una Gestione del Rischio (processi complessi, sistemi di macchine complessi) potrebbe essere utile considerare la norma di derivazione ISO:
  - UNI ISO 31000:2018 - Gestione del rischio - Linee guida
  - Fornisce linee guida per gestire qualsiasi tipo di rischio che le organizzazioni affrontano e può essere adattato a qualunque organizzazione e al suo contesto.
  - I principi, la struttura di riferimento e il processo delineati in questo documento consentono di gestire il rischio in modo efficiente, efficace e sistematico.



# Conclusioni

- È stata illustrata una introduzione della valutazione dei rischi: significato, scopo e obiettivi;
- Individuato come possibile l'Approccio normativo: EN 12100:2010;
- Scelta del Metodo semiquantitativo o ibrido;
- Indicate alcune tecniche per la VR ed illustrato un esempio di Matrice di valutazione dei rischi;
- Le norme armonizzate e i RESS come metodo di verifica finale della correttezza della VR in qualsiasi ambito (meccanico, elettrico, ecc.)



# SALUTI

- Grazie per l'attenzione ai partecipanti e ai colleghi dell'Organizzazione;
- Grazie per l'opportunità offerta all'Ordine degli Ingegneri di Milano ed in particolare alla Sottocommissione Sicurezza e Igiene sui luoghi di Lavoro della Commissione Sicurezza OIM.