

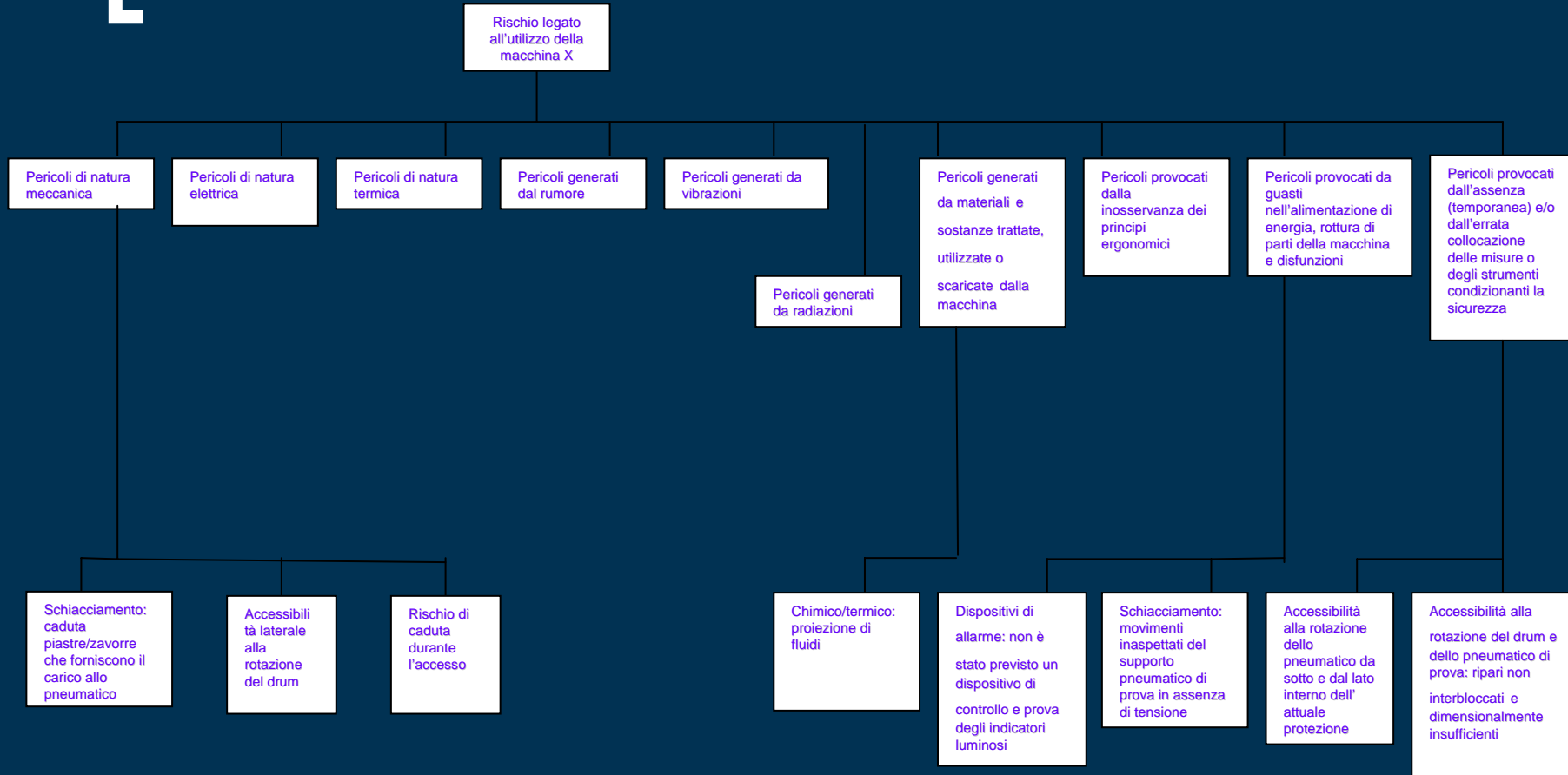
Sicurezza degli Impianti Industriali

Esempio di analisi dei rischi
Metodo AHP

[AHP: un esempio]

- La macchina presa ad esempio esegue “prove su sistema ruota-strada”: è costituita essenzialmente da un tamburo, che può ruotare alla velocità desiderata, al quale vengono accostati, con carico regolabile, diversi pneumatici.
- In tutte le applicazioni si è fatto riferimento alle 10 tipologie di pericolo riportate nella norma UNI EN 414 (All.1).

AHP: un esempio



[AHP: un esempio]

RISCHIO	Dispositivi di allarme: non è stato previsto un dispositivo di controllo e prova degli indicatori luminosi principali	Schiacciamento: movimenti inaspettati del supporto pneumatico di prova in assenza di tensione
Dispositivi di allarme: non è stato previsto un dispositivo di controllo e prova degli indicatori luminosi principali	1	1/2
Schiacciamento: movimenti inaspettati del supporto pneumatico di prova in assenza di tensione	2	1

Confronto a coppie tra le sorgenti di pericolo della tipologia “pericoli provocati da guasti nell'alimentazione di energia, rottura di parti della

macchina e disfunzioni”

[AHP: un esempio]

- Si calcola l'autovalore massimo:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/2 \\ 2 & 1 \end{pmatrix} = A_2$$

$$\det(A - \lambda I) = 0$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/2 \\ 2 & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} \lambda & 0 \\ 0 & \lambda \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-\lambda & 1/2 \\ 2 & 1-\lambda \end{pmatrix} \rightarrow A - \lambda I$$

$$\begin{vmatrix} 1-\lambda & 1/2 \\ 2 & 1-\lambda \end{vmatrix} = [(1-\lambda) * (1-\lambda)] - 2 * 1/2 = 1 - 2\lambda + \lambda^2 - 1 = \lambda^2 - 2\lambda \rightarrow \det(A - \lambda I)$$

$$\begin{cases} \lambda = 0 \\ \lambda = 2 = l_{\max} \end{cases}$$

AHP: un esempio

- Si calcola l'autovettore corrispondente all'autovalore massimo:

$$A * W = \lambda_{\max} * W$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1/2 \\ 2 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \end{pmatrix} = 2 \cdot \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} w_1 + \frac{1}{2}w_2 = 2w_1 \\ 2w_1 + w_2 = 2w_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 2w_1 = w_2 \end{cases}$$

- ponendo $w_1 = 1$

$$W = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$$

AHP: un esempio

- Normalizzando w sulla somma dei suoi elementi:

$$W \rightarrow \begin{pmatrix} 1/3 \\ 2/3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.33 \\ 0.66 \end{pmatrix}$$

RISCHIO	Dispositivi di allarme: non è stato previsto un dispositivo di controllo e prova degli indicatori luminosi principali	Schiacciamento: movimenti inaspettati del supporto pneumatico di prova in assenza di tensione	PESI
Dispositivi di allarme: non è stato previsto un dispositivo di controllo e prova degli indicatori luminosi principali	1	1/2	0.33
Schiacciamento: movimenti inaspettati del supporto pneumatico di prova in assenza di tensione	2	1	0.66

AHP: un esempio

- Calcolati i pesi per ogni sorgente di rischio è necessario stabilire il livello di rischio di ogni sorgente:

Dispositivi di allarme...	A	MA	MB	B
A	1	1/2	1/5	1/6
MA	2	1	1/4	1/4
MB	5	4	1	1/2
B	6	4	2	1

Schiacciamento: movimenti inaspettati..	A	MA	MB	B
A	1	1	1/7	1/5
MA	1	1	1/5	1/4
MB	7	5	1	3
B	5	4	1/3	1

AHP: un esempio

- L'applicazione del metodo dell'autovalore di Saaty porta alla definizione dei seguenti pesi che rappresentano le funzioni di verosimiglianza del rischio:

Funzioni di verosimiglianza del rischio	Dispositivi di allarme... (0,33)	Schiacciamento: movimenti inaspettati.. (0,66)
A	0.068	0.073
MA	0.113	0.084
MB	0.344	0.577
B	0.474	0.264

AHP: un esempio

- Dalle funzioni di verosimiglianza di rischio ottenute si ricavano le funzioni di rischio del livello considerato, sorgente per sorgente.
- Questo passaggio si esegue moltiplicando i pesi delle funzioni di verosimiglianza, di ciascuna sorgente di pericolo, per il relativo peso ottenuto dal confronto a coppie tra gli elementi dello stesso livello della gerarchia (confronto iniziale).
- Per passare al livello gerarchico superiore si esegue la somma delle funzioni di rischio di ogni sorgente, che appartiene ad una tipologia di pericolo (voce TOT).

Funzioni di rischio	Dispositivi di allarme... (0,33)	Schiacciamento: movimenti inaspettati.. (0,66)	TOT
A	$0.068 \cdot 0.33 = 0.022$	$0.073 \cdot 0.66 = 0.048$	0.070
MA	$0.113 \cdot 0.33 = 0.037$	$0.084 \cdot 0.66 = 0.055$	0.092
MB	$0.344 \cdot 0.33 = 0.113$	$0.577 \cdot 0.66 = 0.380$	0.493
B	$0.474 \cdot 0.33 = 0.156$	$0.264 \cdot 0.66 = 0.174$	0.330

AHP: un esempio

- A questo punto si effettua il confronto a coppie tra gli elementi del secondo livello della gerarchia e se ne ricavano i pesi:

Tipologie di pericolo	Pericoli di natura meccanica	Pericoli di natura elettrica	Pericoli di natura termica	Pericoli generati dal rumore	Pericoli generati da vibrazioni	Pericoli generati da radiazioni	Pericoli generati da sostanze trattate	Pericoli provocati dall'inosservanza dei principi ergonomici	Pericoli provocati da guasti nell'alimentazione di energia, rotture e disfunzioni	Pericoli provocati dall'assenza o dall'errata collocazione delle misure o degli strumenti di sicurezza
Pericoli di natura meccanica	1	5	7	7	7	7	4	7	3	3
Pericoli di natura elettrica	1/5	1	3	3	3	3	1/3	3	1/5	1/5
Pericoli di natura termica	1/7	1/3	1	1	1	1	1/5	1	1/7	1/7
Pericoli generati dal rumore	1/7	1/3	1	1	1	1	1/5	1	1/7	1/7
Pericoli generati da vibrazioni	1/7	1/3	1	1	1	1	1/5	1	1/7	1/7
Pericoli generati da radiazioni	1/7	1/3	1	1	1	1	1/5	1	1/7	1/7
Pericoli generati da sostanze trattate	¼	3	5	5	5	5	1	7	1/2	1/2
Pericoli provocati dall'inosservanza dei principi ergonomici	1/7	1/3	1	1	1	1	1/7	1	1/7	1/7
Pericoli provocati da guasti nell'alimentazione di energia, rotture e disfunzioni	1/3	5	7	7	7	7	2	7	1	1
Pericoli provocati dall'assenza o dall'errata collocazione delle misure o degli strumenti di sicurezza	1/3	5	7	7	7	7	2	7	1	1

AHP: un esempio

- Dall'applicazione del metodo dell'autovalore alla matrice costruita dal confronto a coppie tra le tipologie di pericolo si ottiene il seguente vettore che rappresenta i pesi del secondo livello della gerarchia:

Tipologie di pericolo	Pesi
Pericoli di natura meccanica	0.320
Pericoli di natura elettrica	0.066
Pericoli di natura termica	0.028
Pericoli generati dal rumore	0.028
Pericoli generati da vibrazioni	0.028
Pericoli generati da radiazioni	0.028
Pericoli generati da sostanze trattate	0.134
Pericoli provocati dall'inosservanza dei principi ergonomici	0.027
Pericoli provocati da guasti nell'alimentazione di energia, rotture e disfunzioni	0.203
Pericoli provocati dall'assenza o dall'errata collocazione delle misure o degli strumenti di sicurezza	0.133

AHP: un esempio

- Per ricavare la funzione di rischio, relativa all'uso della macchina considerata, si moltiplicano le funzioni di rischio calcolate, nelle due differenti modalità, a seconda della presenza o meno di sottolivelli, per i pesi riportati:

	Pericoli di natura meccanica (0.320)	Pericoli di natura elettrica (0.066)	Pericoli di natura termica (0.028)	Pericoli generati dal rumore (0.028)	Pericoli generati da vibrazioni (0.028)	Pericoli generati da radiazioni (0.028)	Pericoli generati da sostanze trattate (0.134)	Pericoli provocati dall'inosservanza dei principi ergonomici (0.028)	Pericoli provocati da guasti nell'alimentazione di energia, rotture e disfunzioni (0.203)	Pericoli provocati dall'assenza o dall'errata collocazione delle misure o degli strumenti di sicurezza (0.133)	FUNZIONE DI RISCHIO COMPLESSIVA
A	0.031	0.033	0.002	0.002	0.002	0.002	0.010	0.002	0.014	0.009	0.107
MA	0.033	0.017	0.005	0.005	0.005	0.005	0.025	0.005	0.018	0.011	0.129
MB	0.137	0.009	0.012	0.012	0.012	0.012	0.060	0.012	0.100	0.076	0.442
B	0.114	0.004	0.008	0.008	0.008	0.008	0.037	0.008	0.067	0.035	0.297

$$0,031 \cdot 0,320 + 0,033 \cdot 0,066 + \dots = 0,107$$

AHP: un esempio

- Le funzioni di rischio determinate non permettono un confronto diretto tra pericoli differenti necessario al fine di stabilire una priorità di intervento.
- Per tale motivo si ricorre alla definizione di un **Indice di Rischio**.
- In primo luogo si effettua un confronto a coppie tra i livelli di rischio (A, MA, MB, B) per determinare una scala dei pesi attraverso la quale attribuire un peso di importanza ai singoli livelli di rischio:

Scala di rischio	A	MA	MB	B	Pesi
A	1	1.2	2	6	0.402
MA	1/1.2	1	2	5	0.350
MB	1/2	1/2	1	2	0.174
B	1/6	1/5	1/2	1	0.074

AHP: un esempio

- Moltiplicando le funzioni di rischio per i pesi così ottenuti e sommando gli elementi risultanti si ottiene un **Indice di Rischio** che può essere determinato ad ogni livello della gerarchia: esso consente di stabilire una **priorità di intervento**.

$$0,014 \cdot 0,402 + 0,018 \cdot 0,350 + 0,100 \cdot 0,174 + 0,067 \cdot 0,074 = 0,034$$

Oggetto	Indice di rischio
Rischio legato all'utilizzo della macchina	0.187
Pericoli di natura meccanica	0.056
Schiacciamento: caduta piastre/zavorre....	0.122
Accessibilità laterale alla rotazione del drum	0.040
Rischio di caduta durante l'accesso	0.211
Pericoli di natura elettrica	0.021
Pericoli di natura termica	0.005
Pericoli generati dal rumore	0.005
Pericoli generati dalle vibrazioni	0.005
Pericoli generati dalle radiazioni	0.005
Pericoli generati da materiali e sostanze trattate o scaricate dalla macchina	0.026
Chimico/Termico: proiezione di fluidi	0.197
Pericoli provocati dall'inosservanza dei principi ergonomici	0.005
Pericoli provocati da guasti nell'alimentazione di energia, rottura di parti della macchina e disfunzioni	0.034
Dispositivi di allarme: non è stato previsto un dispositivo di controllo e prova degli indicatori luminosi principali	0.053
Schiacciamento: movimenti inaspettati del supporto pneumatico di prova in assenza di tensione	0.117
Pericoli provocati dall'assenza (temporanea) e/o dall'errata collocazione delle misure o degli strumenti che condizionano la sicurezza	0.023
Accessibilità alla rotazione dello pneumatico da sotto e dal lato interno dell'attuale protezione.	0.089
Accessibilità alla rotazione del drum e dello pneumatico di prova: ripari non interbloccati e dimensionalmente insufficienti	0.089