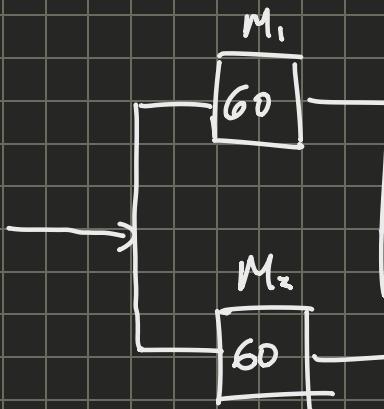


Lezione 14 -

Esercizio 4

Cominciamo con gli esercizi di affidabilità.



Sistema parallellizzabile

100 pezzi / h

6000 h / anno

$$MTTF = 1000$$

$$MTTR = 50$$

$$\rightarrow A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = 95,24$$

↳ rapporto tra tempi

$$R = 10 \text{ €/u}$$

$$MP = 7,5 \text{ /u}$$

$$C_{avg} = 0,25 \text{ €/u}$$

$$C_{util} = 0,25 \text{ €/u}$$

$$Costo Macchi = 100000$$

$$Costo Riposo = 500 \text{ €}$$

$$\text{Vita: Utili: 5 anni , torn = 10\% . PVa = 3,791}$$

↳ Costo Anno di inefficienza tecnica?

$$2) \quad MTTF = 1500 \text{ e } CF = 150000 \text{ €}$$

3) 3 macchine invece di cambiare con in 2.

↳ Costi di Inefficienza → Incapacità di produrre.

↳ costi di mancata produzione + costi di riposo
↳ da me

$$\frac{p - c_v}{= \sqrt{}}$$

$$m_c = 10 - 7,5 - 0,25 - 0,25 = 2 \text{ €/u}$$

A servono 100, ma possiamo produrre 60 o 0, quindi quelli che non riesciamo a produrre sono il costo mancato.

Stato

M ₁	M ₂	Probabilità si esser nello stato	x 6000 h/anno
U	U	95,24 · 95,24 = 90%	Tempo in questo stato
D	D	95,24 · (1 - 95,24) = 4,5%	1 · 0,045 · 6000 = 270 h
D	U	(1 - 95,24) · 95,24 = 4,5%	0,045 · 600 = 270 h
D	D	(1 - 95,24) · (1 - 95,24) = 0,23%	0,23% · 600 = 13,8 h
			<u>~100%</u>

Mancato produzione
nello specifico stato

U	U	0
D	U	40
U	D	40
D	D	100

Non forniamo a caro
prezzo la produzione in più,
nella prossima lezione vediamo
come possiamo considerare questo
accumulo per compensare la produzione
persa.

$$\text{Costo Mancato Produzione} = \left[5400 \frac{\text{h}}{\text{anno}} \cdot 0 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 2 \cdot 270 \frac{\text{h}}{\text{anno}} \cdot 40 \frac{\text{€}}{\text{h}} + \right. \\ \left. + 13,8 \frac{\text{h}}{\text{anno}} \right] \cdot 2 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$\approx 46000 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

Costo di Riparo

$$MTTF = 1000 \text{ h}$$

$$MTTF + MTTR = MTBF$$

$$MTTR = 50 \text{ h}$$

$$\text{Uguali} = \frac{\text{Ore di funzionamento}}{MTBF}$$

$$= \frac{6000}{1050} = 5,71 \text{ g}$$

Valore che non è un numero intero.

Costo di riparo = n. guasti · costo di riparo

$$= 5,71 \cdot 500 \cdot 2 = 5714 \text{ €/anno}$$

perciò abbiamo 2 macchine con lo stesso MTBF

$$C_{\text{Tot}} \text{ inefficienza} = 46000 \text{ €/anno} + 5714 \text{ €/anno}$$

2) Macchine con MTTF = 1500 h/g
costo = 150000 €

Spese = stessa MTTR

$$A' = \frac{1500}{1550} = 96,77 \%$$

Dobbiamo rifare tutto

Mancata precisione

M_h	M_{h2}		h/anno	$MP(\frac{h}{a})$
U	U	$(96,77)^2$	$\cdot 6000 = 5619$	0
U	D	$(96,77) \cdot (1-96,77) \cdot 6000 = 186$	40	
D	U	"	"	40
D	D	$(1-96,77)^2 \cdot 6000 = 6$	100	

$$\text{Costo Mancata produzione} = \left[\left(2 \cdot 186 \frac{\text{u}}{\text{h}} \cdot 40 \frac{\text{h}}{\text{a}} \right) \cdot 2 + \left(6 \frac{\text{h}}{\text{anno}} \cdot 100 \frac{\text{u}}{\text{h}} \right) \right] \cdot 2$$

$$= 31000 \text{ €/anno}$$

$$C_{\text{imparazione tot}} = 500 \cdot 2 \cdot \underbrace{\left(\frac{6000}{1850} \right)}_{\text{N_gusti}} = 3871 \text{ €/anno}$$

$$N_{\text{gusti}} = 3,81$$

$$\text{Case B} \rightarrow 100000 \text{ €} \rightarrow 2 \cdot 100000 = 200000 \text{ €}$$

$$\text{Alternativa di 2} \rightarrow 150000 \rightarrow 2 \cdot 150000 = 300000 \text{ €}$$

$$C_{T,\text{diff}} = 100000 \text{ €}$$

$$\Delta \text{Alb2} - C_B = \left[310000 + 3871 \frac{100000}{\text{PVa}} - (46000 + 5714) \right]$$

$\text{PVa} \rightsquigarrow \text{PVa}$
 per la
 vita utile

$$= \sim 9000 \text{ €/a}$$

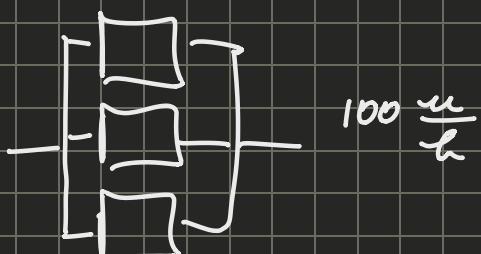
Conviene il caso bane perché i costi di manutenzione non sono ricarribili con un caso di mancata produzione altrettanto minore.

Alternativa di 3

$$MTTF = 1000 \frac{\text{h}}{\text{u}}$$

3 macchine

$$C_m = 100000 \text{ €}$$



$$100 \frac{\text{u}}{\text{h}}$$

$$t_{m_i} = 60 \frac{\text{u}}{\text{h}}$$

$$A = \frac{1000}{1050} = 95,24\%$$

$M_1 \quad M_2 \quad M_3$

MP

$$\cup \quad \cup \quad \cup \quad \left\{ \begin{array}{l} (95,24\%)^2 = 86,29\% \cdot 6000 = \\ 0 \end{array} \right.$$

$$\begin{matrix} \text{Ug} \\ \text{ua} \\ \text{li} \end{matrix} \left\{ \begin{array}{l} \text{V} \quad \text{D} \quad \text{D} \\ \text{D} \quad \text{V} \quad \text{D} \\ \text{D} \quad \text{D} \quad \text{V} \end{array} \right\} (95,24)^2 (1 - 95,24) = 288 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

0

$$\begin{matrix} \text{Ug} \\ \text{ua} \\ \text{li} \end{matrix} \left\{ \begin{array}{l} \text{V} \quad \text{D} \quad \text{D} \\ \text{D} \quad \text{V} \quad \text{D} \\ \text{D} \quad \text{D} \quad \text{V} \end{array} \right\} (95,24)(1 - 95,24)^3 = 13,2 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \quad 40$$

40

$$\left. \begin{array}{l} \text{P} \quad \text{D} \quad \text{D} \\ \text{D} \quad \text{D} \quad \text{D} \end{array} \right\} (1 - 95,24)^3 = 6000 = 0,6 \frac{\text{€}}{\text{anno}} \quad 100$$

100

$$\text{Costo Manutenzione} = \left[(40 \cdot 13,2 \cdot 3) + (0,6 \cdot 100) \right] \cdot 2 \frac{\text{€}}{\text{a}} =$$

↓ ↓
 Diminuito Aumentato

$$= \sim 3920 \frac{\text{€}}{\text{a}}$$

$$\text{Costo di Riparo} = 500 \cdot \underbrace{\left(\frac{6000}{1050} \right) \cdot 3}_{5,71 \frac{\text{€}}{\text{a}}} = 8565 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

↓
 Aumentato

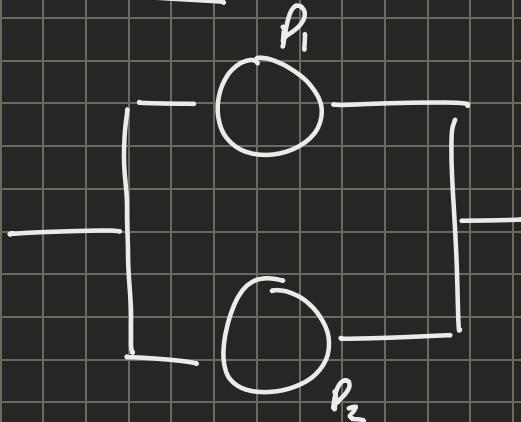
$$\text{Costo Acquisto Macchine} = \frac{100000 \text{ €}}{\text{anno attualizzato}} = 26000 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$\text{Costo Alternabba da 3} = 3290 + 8565 + 26000 \sim 46000$$

Il solo
costo di
manutenzione.

del carbone.

Esercizio 5



$$\text{Costo di disimpatto} = 0,15 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Pichetta utente} = 100 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{Tempo fuso: annuale} = 8760$$

$$\text{Poterevole} = 80 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$MTTF = 5000 \text{ h}$$

$$MTTR = 240 \text{ h}$$

$$\text{Costo} \sim 16000 \frac{\text{€}}{\text{pompa}}$$

$$PV_a(15 \text{ anni}, 8\%) = 8,559$$

$$A = \frac{5000}{5240} = 95,42 \%$$

$M_1 \quad M_2$

U	U	$91,05 \cdot 8760 = 7976$	0
U	D	$\{ 4,37$	50
D	U	382	100
D	D	18,4	

$$\left[\frac{\text{m}}{\text{h}} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^3 \right]$$

$$\begin{aligned} \text{Costo Manutenzione prod} &= \left[(50 \cdot 382 \cdot 2) + (100 \cdot 18,4) \right] \cdot 0,15 \\ &= 6000 \text{ €} \end{aligned}$$

$M_1 \quad M_2 \quad M_3$

U	U	U	86,9	$\Rightarrow 7612$	mp o
U	v	D	{		
U	D	0	4,2	= 367	o
D	U	V			
U	D	D	{		
D	U	D	0,2	17,5	50
D	D	U			
D	D	D	0,0096	0,84	100

Carta
Vlancato $\left[(50 \cdot 17,5 \cdot 3) + (100 \cdot 0,84) \right] \cdot 0,15 = 406,35$

$\Delta \text{costo alt} = 406,35 + \frac{16000}{8,559} - 6006 \leftarrow -3730 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$

Canceller il costo base.

Attualizzo all'anno 0:

$$(6000 - 400) \cdot PV_a - 16000 = 32000 \text{ €}$$

\hookrightarrow Utile differenziale
attualizzato all'anno 0.

Esercizio 6

Carburante

MTTR : 240 \rightarrow 120

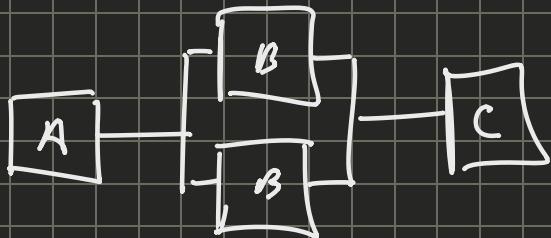
Il costo personale $\rightarrow +10000$

I costi di riparo saranno sempre > 0,

Sappiamo del S che i costi nel caso base sono $6020 < 10000$, quindi abbiamo lo stesso 10000 di costo.

Non avremmo mai una differenza abbattibile grande per eliminare i costi di manutenzione.

Esercizio 8 → Abbiamo fatto 7, venerdì.



$$\lambda_A = 0,0004$$

$$\lambda_B = 0,0025$$

$$\lambda_C = 0,0002$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu_c}$$

$$\mu_A = 0,35$$

$$\mu_B = 0,065$$

Disponibilità

1) MTTR per $A_{sist} = 98,5\%$.

2) $A'_c = 1,007 A_c$ 3500€

$\Delta MTTR_B = ?$ Asist = 98,8%.

3) Connessione: risultati.

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$$

$$A_A = \frac{\mu_A}{\mu_A + \lambda_A} = 99,88\%$$

$$A_B = \frac{0,065}{0,065 + 2,5 \cdot 10^{-3}} = 96,30\%$$

$$A_{sist} = 98,5 \xrightarrow{?} A_c$$

$$A_A \cdot \left[1 - (1 - A_B)^2 \right] \cdot A_c = A_{sist}$$

$$A_c = \frac{A_{sist}}{A_A \cdot \underbrace{\left[1 - (1 - A_B)^2 \right]}_{99,86}} = 98,75\% \Rightarrow A_{sist} \text{ ma minore di } A_A \text{ e } A_B \text{ è l'andata obbligata.}$$

$$\lambda_c = 1 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \mu_c \rightarrow MTTR$$

$$A_c = \frac{\mu_c}{\mu_c + \lambda_c} \rightarrow \mu_c = \frac{\lambda_c \cdot A_c}{(1 - A_c)} \rightarrow \mu_c = 7,9 \cdot 10^{-3}$$

$$MTTR_c = \frac{1}{\mu_c} = 126,6 \frac{h}{g}$$

2) Aumentiamo C, quando cambia MTTR sapendo che il sistema manca uguali i componenti disponibili.

$$A'_c = 1,00 \Rightarrow A_c = 99,44\%$$

$$A'_{sist} = 98,5\%$$

$$A'_A = A_A = 99,88$$

$$A'_B = ?$$

Sapendo che $\Delta MTTR_B \rightarrow A'_B + A_B$

$$A'_{sist} = A'_A \cdot \left[1 - (1 - A'_B)^2 \right] \cdot A_c$$

$$A'_B = 1 - \sqrt{1 - \frac{A'_{\text{scat}}}{\lambda_B^i \cdot A'_c}} = \sqrt{1,09} = 0,9089 = 90,89\%$$

Supponendo A_c e mantenendo A_{scat} uguale è impossibile che B possa aumentare, deve diminuire.

$$\Delta \text{MTTR}_B = ?$$

$$A = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$$

$$\Rightarrow \mu_B = \frac{\lambda_B \cdot A'_B}{(1 - A'_B)} = 0,0245 \frac{1}{h}$$

$$\Rightarrow \text{MTTB}'_B = \frac{1}{\mu_B} = 40,1 \text{ h}$$

$$\Delta \text{MTTR}_B = \text{MTTR}' - \text{MTTR} = 25 \text{ h gestato}$$

$$\frac{1}{\mu_B} = 15 \frac{h}{g}$$

Abbiamo migliorato il C per aumentare MTTR'_B, ci permette una gestione più rilassata di B per aver lo stesso A'_c

Abbiamo 40h invece di 15h per riparare.

Intervento su C tale che $\text{MTTR}'_B = 25 \frac{h}{g} \cdot 3500 \text{ €}$

Non si può determinare se fare o no, perché non abbiamo abbastanza dati per far la scelta.

Serve sapere i costi. Abbiamo risparmi in gestione e migliori ore di lavoro

Berà già il componente più scorso ora diventa molto più debole.

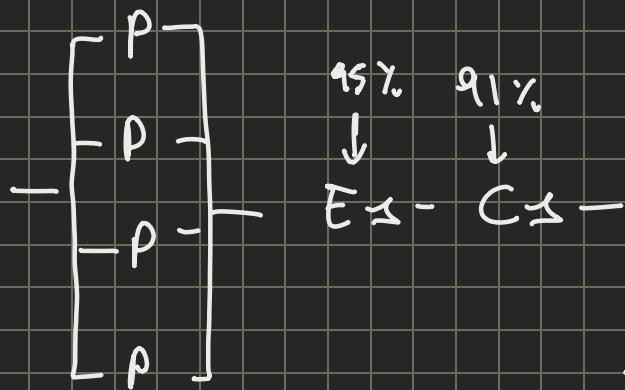
Esercizio 9

Dovremo funzionare entrambi quando sono in serie

$$A_p = 99\%$$

SE - MECC

$$\left(\frac{u}{m} = \frac{3}{4} \right)$$



1) $E \leq //$ semplice

$$A_p = 99\%$$

$$2) s \cdot P = 7000 \text{ €/anno}$$

Caso base

$$E_1 = 95\% \quad C_1 = 91\% \quad \left\{ A_{ELETTRICO} = A_{E1} \cdot A_C = 95 \cdot 91 = 86,45\% \right.$$

Σ

$n=0$

Σ

Σ

$n=1$

1

2

3

 $n=2$

4

5

6

7

 $n=3$

8

9

10

11

12

 $n=4$

1

5

10

10

5

1

 $n=4$

Tutti funzionano
-1 -1 -1 -1

Nessuno
Funziona

1 stato di 4U

$$(.99)^4$$

4 stati di 3U 2D

$$(.99)^3(1-.99)$$

6 stati di 2U 2D

$$(.99)^2(1-.99)^2$$

4 stati di 1U 3D

$$(.99)(1-.99)^3$$

1 stato di 4D

$$(1-.99)^4$$

stati di buon
funzionamento

A mecc =

$$= (.99)^4 + 4 \cdot [(.99)^3(1-.99)]$$

= 99,94 %

$$\text{Assist} = A_{\text{ELET}} - A_{\text{mecc}} = 86,48\% - 99,94\% = 86,4\%$$

La parte vibrante la parte elettronica.

$$\text{Costo di inefficienza: } = 121 \frac{\text{€}}{\text{h}} \cdot (24 \cdot 365) (1-86,4) =$$

$$= 144155 \text{ €/anno}$$

|

~~~~~

Percentuale  
di ore di  
inefficienza

$E_1$  lavorando sul sistema elettronico quindi  
dovrebbe migliorare il sistema, sarebbe meglio  
lavorare su  $C_2$

$$E_1 // 9000 \text{ €/anno}$$

$$A_{\text{ellett}} = A_{\text{el}} \left[ 1 - (1 - A_{E_1})^2 \right] = 90,77 \%$$

Amecc uguale

$$A_{\text{scrub}} = A_{\text{ellett}} - A_{\text{amecc}} = 90,72\%$$

$$C_{\text{ineff}} = 121 \cdot (24 \cdot 365) \cdot (1 - 90,72) = 98364 \text{ €/anno}$$

$$< 144155 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

$$C_{\text{tot, alt 1}} = 98364 + 9000 = 107364 \frac{\text{€}}{\text{anno}} < 144155 \frac{\text{€}}{\text{anno}}$$

Considerare fare la alternativa 2.

Alternativa 2

Allontan - uguale

$$\begin{aligned} A_{\text{amecc}} &= (.99)^5 + 5 \cdot (.99)^4 \cdot (1 - .99) + 10 \cdot (.99)^3 \cdot (1 - .99)^2 \\ &= 99,99\% \end{aligned}$$

$$A_{\text{scrub}} - A_{\text{ellett}} - A_{\text{amecc}} = 86,45\%$$

$$\text{Costo Inefficienza} = 121 \frac{\epsilon}{h} (8760) - (1-\delta) 6,45 = 143624$$

< 144155 <

Si risparmia 500€ con un corso di 7000  $\frac{\epsilon}{anno}$

$$C_{\text{tot,alt}} = 143624 + 7000 = 144155 \frac{\epsilon}{anno} (\text{corso base})$$