NUMERO: 1855A - ANNO: 2016

A P P U N T I

STUDENTE: Vergine Daniele

MATERIA: P.C.P. (esercizi dal libro) prof. Alfieri

PCP

Esercizi risolti
e commentati
tratti dal testo

"PROGRAMMAZIONE E CONTROLLO DELLA PRODUZIONE" (ALFIERI - CANTAMESSA)

+

TEMI D'ESAME SVOLTI IN AULA

N.B. GLI ESERCIZI DEL LIBRO RISOLTI IN AULA SONO STATI SVOLTI DALLA PROF, GLI ALTRI SONO STATI RISOLTI A CASA E NON HO AVUTO SEMPRE MODO DI VERIFICARE CHE LE SOLUZIONI SIANO CORRETTE, IN QUANTO NON SONO DISPONIBILI LE SOLUZIONI DI TUTTI GLI ESERCIZI. GLI ESERCIZI SONO STATI RISOLTI APPLICANDO FORMULE E METODI UTILIZZATI NEGLI ESEMPI SVOLTI IN AULA.

Q 2.1 - Dell - (Risolto a lezione)

Costo annuale mantenimento PC = 40%

inventory = 400 milioni (ciò che è rimasto)

COGS (costo dei beni venduti) = 26 442 milioni $

Tasso unitario di magazzino (in percentuale) = ?

Sappiamo che: COGS = TH

Per calcolare il per-unit cost utilizziamo la seguente formula:

$$\text{per-unit cost} = \frac{\text{annual cost } \%}{IT}$$

IT ← inventory turns

$$\Rightarrow \text{per-unit cost} = \frac{\text{annual cost } \%}{TH / WIP} = \frac{40\%}{26440/400} = 0{,}605\%$$

Q 2.5 - LaVille - (Risolto a lezione)

LaVille villeggio turistico con 1200 (capacità) posti mediamente pieno

Permanenza media 10 giorni → a causa della crisi scende a 5 giorni.

Unico ristorante: 50 € primo giorno, 30 € successivi.

Quanto incide la permanenza?

1200 = WIP

10 = FT

TH = numero di persone che arrivano al giorno

$$WIP = TH \cdot FT \Rightarrow TH = \frac{WIP}{FT} = \frac{1200}{10} = 120 \text{ turisti / giorno}$$

Calcoliamo l'incasso di un giorno tipo:

PRIMA

$$\text{Incasso} = \underbrace{120 \cdot 50}_{\text{i turisti che arrivano pagano 50 € il primo giorno}} + \underbrace{(1200 - 120) \cdot 30}_{\text{Dal WIP (1200, turisti totali presenti) sottraggo quelli arrivati il giorno stesso (120), per trovare quelli che pagano 30 €.}} = 38\,400 \text{ €}$$

Q 4.1 - Empty System, Labor Utilization - (Risolto e Quizione)

Resource	Processing time (min)	Number of workers
1	10	2
2	6	1
3	16	3

numero di unità = $X = 100$

Stipendio : 10 \$/ora

a) Tempo necessario per produrre 100 unità partendo dal sistema vuoto = ?

Tempo di uscita di X unità = $T_0 + \frac{X-1}{TH}$

T_0 = somma dei tempi di processo = $(10+6+16)$ min = 32 min

$$TH = \min\{\text{capacità}, \underset{\infty}{\text{input}}, \underset{\infty}{\text{domanda}}\}$$

Capacità = $\frac{\text{numero lavoratori}}{\text{tempi di processo}}$

$cap_1 = \frac{2}{10} = \frac{1}{5} = 0,2$

$cap_2 = \frac{1}{6} = 0,1\bar{6}$

$cap_3 = \frac{3}{16} = 0,1875$

$\Rightarrow TH = \min\{0,2 \;, 0,1\bar{6} \;, 0,1875\} = 0,1\bar{6}$

$\Rightarrow$ Tempo di uscita di X unità = $32 + \frac{99}{0,1\bar{6}} = 626$ min

Q 4.2 - Assign Tasks to Workers - (Risolto e Ottimo)

7

TASK	TIME (sec)
1	30
2	25
3	35
4	40
5	15
6	30

op_i = operatore i

op 1 ⇒ task 1
op 2 ⇒ task 2
op 3 ⇒ tasks 3, 4
op 4 ⇒ tasks 5, 6

a) capacità = ? (lavoratori) ⇒ capacità = $\frac{1}{\text{tempo di processo}}$ (perché la risorsa è unica)

unità per secondo

$$\text{Cap processo} = \min\{cap_1, cap_2, cap_3, cap_4\} = \min\left\{\frac{1}{30}, \frac{1}{25}, \frac{1}{75}, \frac{1}{45}\right\} = \frac{1}{75}\ u/s$$

$$= \frac{3600}{75}\ u/h = 48\ u/h$$

b) span of control ideale = ? ⇒ capacità linea bilanciata = ? (non possiamo invertire i tasks)

sommiamo i tempi di ogni task e dividiamo per il numero di risorse (operatori)

$$\Rightarrow \frac{30+25+35+40+15+30}{4}$$

$$= \frac{175}{4} = 43,75\ sec$$

l'obiettivo è cercare di avvicinarci a questo valore

bilanciamo la linea

lo scarto tra 43,75 e 55 è minore di quello tra 30 e 43,75 ⇒ scelgo 30

op 1 ⇒ 30 + 25 = 55
op 2 ⇒ 35
op 3 ⇒ 40
op 4 ⇒ 15 + 30 = 45

$$\Rightarrow \text{capacità linea bilanciata} = \min\left\{\frac{1}{55}, \frac{1}{35}, \frac{1}{40}, \frac{1}{45}\right\}$$

$$= \frac{1}{55}\ u/sec = \frac{3600}{55} \simeq 65\ u/h$$

b) direct labor content = ? — non si fa riferimento al reale tempo complessivo del processo, ma è semplicemente la somma dei process time dei singoli stadi

$= 30+25+15+20+15+20+50+15+20+25+15+20 = 270\ s$

c) average labor utilization = ?

Flow rate = process capacity = 42,35 u/h

// 0,0236 · 3600

$$\text{cycle time} = \frac{1}{\text{flow rate}} = \frac{1}{42{,}35} = 85\ \text{sec}$$

idle time 1 = 85 − 70 = 15 s
idle time 2 = 85 − 55 = 30 s
idle time 3 = 0
idle time 4 = 85 − 60 = 25 s

$\Rightarrow$ sum of idle times = 70 s

RICORDA: l'utilizzo è adimensionale

$$\Rightarrow \text{Average labor utilization} = \frac{270}{270+70} = 0{,}79 = 79\%$$

d) tempo per produrre 100 unità partendo da sistema vuoto = ?

$$T_{100} = T_0 + \frac{X-1}{TH}$$

NOTA BENE: $T_0 \neq 270\,s$ perché il sistema è machine-paced

$\Rightarrow T_0 = 85 \cdot 4$ — Quando il sistema è machine-paced si moltiplica il tempo del collo di bottiglia per il numero di risorse per trovare T_0.

$$\Rightarrow T_{100} = 85 \cdot 4 + \frac{99}{\frac{1}{85}} = 8755\,s = 2{,}43\,h$$

e) capacity = ? (con 5 lavoratori)

op 1 $\Rightarrow$ 55 s (1+2)
op 2 $\Rightarrow$ 50 s (3+4+5)
op 3 $\Rightarrow$ 70 s (6+7)
op 4 $\Rightarrow$ 60 s (8+9+10)
op 5 $\Rightarrow$ 35 s (11+12)

$$\text{cap} = \frac{1}{70}\ u/s = \frac{3600}{70}\ u/h = 51{,}43\ u/h$$

Q 4.9 - Worker - Paced Line - (Risolto a lezione)

Capacity - constrained process

$\Rightarrow$ demand $= \infty$

TH = 36 u/h

a) capacity step 5 = ?

$$U = \frac{TH}{capacity} \Rightarrow capacity_5 = \frac{TH}{U5} = \frac{36 \ u/h}{\frac{2}{5}} = \frac{36 \cdot 5}{2} = 90$$

b) bottleneck = ?

il collo di bottiglia è lo stadio con utilizzo maggiore $\Rightarrow$ S4 $(U_4 = 1)$

c) stadio con maggiore capacità = ?

stadio max capacità = stadio min utilizzo

$$\Rightarrow \min u = \min \left\{ \frac{4}{30}, \frac{4}{15}, \frac{4}{5}, 1, \frac{2}{5} \right\} = \frac{4}{30}$$

d) stipendio = 36 \$/h ;

labor cost per unit = ?

$$\Rightarrow \text{labor cost per unit} = \frac{\text{stipendi totali}}{TH} = \frac{5 \cdot \cancel{36}}{\cancel{36}} = 5 \ \$$$

c) max inventory accumulato = ?

$B_{cioc} = 106 \cdot \frac{15}{30} = 53$ kg

$\text{tempo}_{cioc} = 53 \text{ kg} \cdot \frac{1}{50} \frac{h}{kg} = \frac{53}{50}$ h

$\text{consumo}_{cioc} = \frac{53}{50} h \cdot 15 \frac{kg}{h} = \frac{53}{50} \cdot 15$ kg

$\Rightarrow$ produco 53 kg e consumo $\frac{53}{50} \cdot 15$ kg

$\Rightarrow$ accumulo $= 53 - \frac{53}{50} \cdot 15$ kg

Soluzione alternativa del terzo punto

1 h $\Rightarrow$ 50 kg

consumo = 15 kg

in 1 h accumulo (50 - 15) kg

$\Rightarrow$ accumulo totale $= (50 - 15) \cdot \frac{53}{50}$ kg   numero di ore per cui produco

d) lavoratori aggiuntivi → TH = 125 u/h (lavorano dalle 10 in poi fin quando barr. waiting = 0) A che ora finisce il processing = ?

iniziano a lavorare

	WIP	BARRELS WAITING
9 - 10	200	0
10 - 11	200	25
11 - 12	200	50
12 - 13	200	75
13 - 14	200	100
14 - 15	175	0
15 - 16	75	0
16 - 17	0	0

Dopo le 15 i lavoratori se ne vanno

Q 3.5 - Bagel Store - (Risolto a casa)

10 h al giorno, 30 grill veg / giorno, 110 veg / giorno, 40 cream ch. / giorno

a) bottleneck = ?

b) Unità che il processo può produrre per ora = ?

⇒ 3 grill veg / h, 11 veg / h, 4 c.c. / h

a)

Step 1 : scegliere una flow unit

⇒ Poiché ci sono diversi prodotti che seguono diversi flussi, la migliore flow unit che possiamo scegliere sono i minuti disponibili per risorsa

$\frac{bagels}{h} \cdot \frac{min}{bagels} = \frac{min}{h}$ (minuti richiesti all'ora per la data risorsa)

Resource	Capacity	Demand
Cut	60	18 · 3 = 54
Grilled staff	60	3 · 10 = 30
Veggies	60	14 · 5 = 70
Cream cheese	60	4 · 4 = 16
Wrap	60	18 · 2 = 36

(3 sono i min necessari per l'operazione, 18 è dato da 11+4+3)

(grilled staff riguarda solo i grilled veggies bagels, dunque 3/h)

Implied Utilization = Demand / capacity ⇒ cut = $\frac{54}{60}$, G. staff = $\frac{30}{60}$, veggies = $\frac{70}{60}$, C. cheese = $\frac{16}{60}$, wrap = $\frac{36}{60}$

⇒ Il collo di bottiglia è la risorsa avente l'implied-utilization più elevata

⇒ Veggies

Q 7.5 - Simple Setup - (Risolto a lezione)

Se la domanda non è specificata si considera ∞.

→ STEP 1 — △ → STEP 2 — △ → STEP 3 →

STEP 1	STEP 2	STEP 3
Processing time: 1 Minute/Part	Processing time: 2 Minutes / Part	Processing time: 1,5 Minutes / Part
Setup time: 20 Minutes	No Setup	No Setup

a) $B = 50$ capacity process = ?

$$\text{Capacity given batch size} = \frac{\text{Batch size}}{\text{Setup time} + \text{Batch size} \cdot \text{processing time}}$$

$$Cap_1 = \frac{50}{20 + 50 \cdot 1} = \frac{50}{70} = 0{,}71 \ u/min \simeq 42{,}8 \ u/h$$

$$Cap_2 = \frac{1}{2} = 0{,}5 \ u/min = \underset{\substack{\uparrow \\ TH \ (\text{throughput})}}{30 \ u/h}$$

No setup: calcoliamo la capacità semplicemente facendo l'inverso della capacità

$$Cap_3 = \frac{1}{1{,}5} = 0{,}\bar{6} \ u/min = 40 \ u/h \quad \Rightarrow cap. \ processo = \min\{cap_1, cap_2, cap_3\} = 30 \ u/h$$

b) $B = 10$ bottleneck = ?

Rifaccio i calcoli solo per il primo stadio, visto che in quelli in cui non c'è setup la capacità non dipende dal batch size

$$\Rightarrow cap_1 = \frac{10}{20 + 10 \cdot 1} = \frac{10}{30} = 0{,}\bar{3} \ u/h = 20$$

$cap_2 = 30 \ u/h$ $\quad$ $cap_3 = 40 \ u/h$

Q 7.6 - Setup Everywhere - (Risolto a lezione)

→ Step 1 → △ → Step 2 → △ → Step 3 →

Step 1	Step 2	Step 3
Processing time: 0,25 Minute/Part	Processing time: 0,20 Minute/Part	Processing time: 0,15 Minute/Part
Setup time: 30 Minutes	Setup time: 20 Minutes	Setup time: 45 Minutes

a) $B = 35 \quad cap_1 = ?$

$$cap_1 = \frac{35}{30 + 35 \cdot 0,25} = 0,903\ u/min = 54,19\ u/h$$

b) Batch tale per cui lo step 1 (2, 3) rappresenta rispettivamente il collo di bottiglia = ?

- $cap_1 < cap_2$

$$\frac{\cancel{B}}{30 + B \cdot 0,25} < \frac{\cancel{B}}{20 + B \cdot 0,2}$$

$$20 + B \cdot 0,2 < 30 + B \cdot 0,25$$

$$20 - 30 + B(0,2 - 0,25) < 0$$

$$-10 - 0,05\,B < 0 \quad \Rightarrow \quad \forall B$$

per qualsiasi batch size la cap_1 è minore della cap_2, essendo B un numero positivo

⇒ non esiste un valore per cui S2 è collo di bottiglia

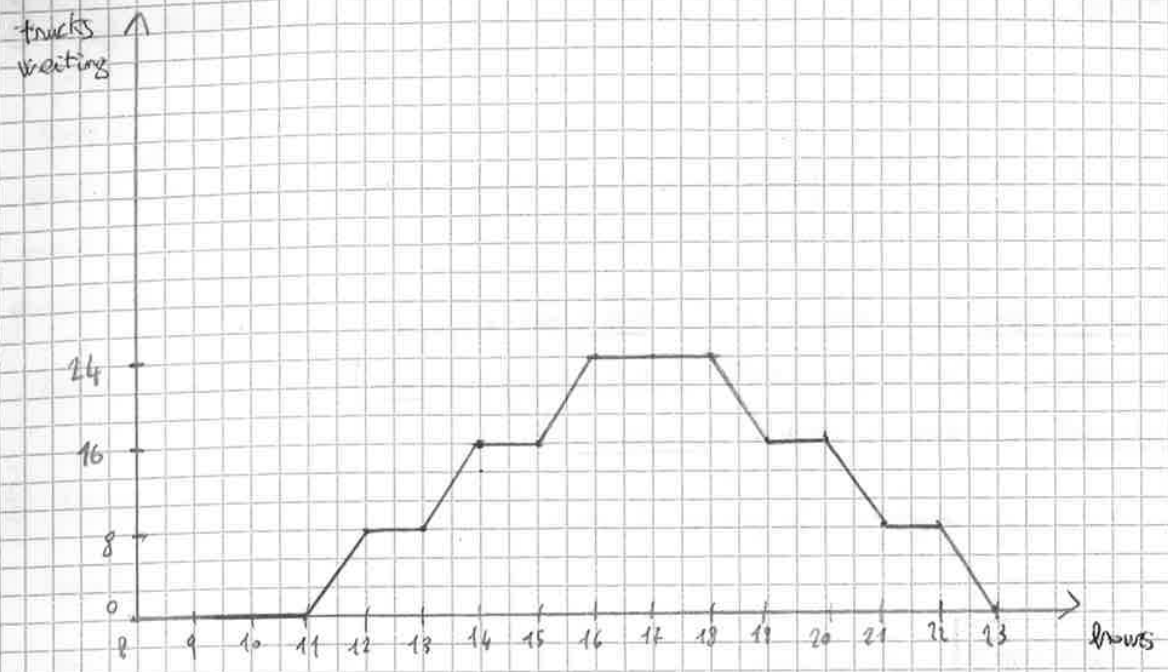
- $cap_1 < cap_3$

$$\frac{\cancel{B}}{30 + B \cdot 0,25} < \frac{\cancel{B}}{45 + B \cdot 0,15}$$

$$45 + B \cdot 0,15 < 30 + B \cdot 0,25$$

$$\Rightarrow 45 - 30 < B(0,25 - 0,15)$$

$$B > \frac{15}{0,1} \Rightarrow B > 150 \Rightarrow$$ S1 collo di bottiglia per $B > 150$



c) Qual è il numero max di camion che aspettano?

24

d) 50 $/h parcheggio. Totale ricavato dei parcheggi = ?

$(8+8+16+16+24+24+24+16+16+8+8)\cdot 50 = 168\cdot 50 = 8400\ \$$

c) gruppo più profittevole = ?

group 1: $0,15 \; (20+30+120+20+50) = 36$ min
group 2: $0,05 \cdot (40+90+300+60+30) = 28,5$ min
group 3: $0,5 \cdot (20+80+5+30) = 67,5$ min
group 4: $0,3 \; (40+200+30+60) = 99$ min

I fattori in gioco sono le diverse percentuali rispetto alla domanda totale e differenti tempistiche.

d) $Demand_1^* = [0,15 \; (20+25) + 0,05 \; (40+40) + 0,5 \; (20+15) + 0,3 \; (40+30)] \cdot 50 = 2462,5$

capacity = 9600 $\Rightarrow IU1^* = 25,6\%$

Non cambia nulla perché la risorsa 1 non è collo di bottiglia. (non c'era bisogno di ...

Q 3.7 - Car Wash Supply Process

capacità = $12 \cdot 60 = 720$ min (vale per tutti gli stadi)

60 min · 12 ore lavorative

Resources	Processing time	Service
1 washing machine	10 min	wash ← A
1 waxing machine	10 min	wax ← B
1 employee	7 min	wheel cleaning ← C
1 employee	20 min	interior cleaning ← D

Package:
1 → 40% → A
2 → 15% → A+B
3 → 15% → A+B+C
4 → 30% → A+B+C+D

Demand risorsa A: $10 \text{ min} \cdot 40 = 400$ min

Demand risorsa B: $40 \cdot 10 \cdot (0,15+0,15+0,3) = 240$ min

Demand risorsa C: $7 \cdot 40 \cdot (0,3+0,15) = 126$ min

Demand risorsa D: $20 \cdot 40 \cdot 0,3 = 240$

$IU = \frac{Demand}{capacity}$

$\Rightarrow IU\,A = 55\%$, $IU\,B = 33\%$, $IU\,C = 17,5\%$, $IU\,D = 33\%$

26

Q 7.13 - Powered by Koffee - (Risolto a lezione)

50 sacchi al mese

domanda stazionaria ⇒ lotto economico

compra a 25 \$ al sacco + 85 \$ ∀ consegna

Mag. costante $1 \frac{\$}{\text{sacco} \cdot \text{mese}}$

costo del capitale ≅ 2% mensile

a) $EOQ = Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 85\$ \cdot 50u/mese}{1\$ + 25\$ \cdot 2\%}} = \sqrt{\frac{8500}{1,5}} = 75,27 \rightarrow 76$ unità

b) $N°\ ordini/anno = \frac{1}{T^*} = \frac{D}{Q^*} = \frac{50/mese}{72,27} \cdot 12 \frac{mesi}{anno} = 8$

c) mesi di scorta = tempo medio di permanenza

$= \bar{T}^* = \frac{WIP}{TH} = \frac{Q^*/2}{D} = \frac{76/2}{50/mese} = 0,75$ mesi di scorte

d) $h \cdot \bar{T} = h \cdot \frac{Q^*}{2} = 1,5 \cdot \frac{76}{2} = 56,46$ €/mese

Confronto dei costi totali:

b) $500\$ + 50 \cdot 12 \cdot 20\$ + (1 + 20 \cdot 0,02) \cdot \frac{50 \cdot 12}{2} \cdot \underset{\text{annuale}}{12} = 17540$ €/y

a) $costo = 12\left(\sqrt{2ADh} + vD\right) = 12\left(\sqrt{2 \cdot 85 \cdot 50 \cdot 1,5} + 25 \cdot 50\right) = 16355$ €/y

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 27 di 64

$$cap_1(200) = \frac{200}{15 + 200 \cdot 0,25} = 3,08$$

capacità del processo 1 utilizzando il lotto ottimo trovato per il processo 2

$$cap_2(300) = \frac{300}{30 + 300 \cdot 0,15} = 4$$

capacità del processo 2 utilizzando il lotto ottimo trovato per il processo 1

Facciamo il confronto delle due possibili alternative:

B = 200 (B_2^*)	$cap_1 = 3,08$ = capacità processo $cap_2 = 3,33$ $cap_3 = 3,33$

B = 300 (B_1^*)	$cap_1 = 3,33$ = capacità processo $cap_2 = 4$ $cap_3 = 3,33$

Dato che la capacità del processo non deve cambiare, scelgo B_1^*

in realtà già dal grafico era possibile arrivare a questa soluzione: infatti se avessimo scelto B_2^*, in corrispondente della stessa ascissa lo stadio S1 con la curva della sua capacità avrebbe l'intersezione in un'ordinata < 3,33 (TH), causando una diminuzione della capacità del sistema.

Q 7.10 - Lot Food - (Risolto a lezione)

NOTE: CLI uses EOQ as their fixed order size.

a) $Q^* = ?$ $A = 7\$$ $D = 500\ u/w$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}}$$

dove A = costo setup (in questo caso shipping e handling)
D = domanda
h = costo unitario (holding cost)

$$h = 0{,}15 \cdot \frac{0{,}5}{50}$$

ricorda: h è sempre un costo per unità per unità di tempo ($\$/(u \cdot w)$)
le nostre u. di tempo in questo caso è la settimana

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot 7 \cdot 500}{0{,}5 \cdot \frac{0{,}15}{50}}} = 2160\ u$$

b) $C_{ordine\ annuale} = ?$

$\frac{D}{Q}$ = numero ordini per settimana $\Rightarrow$ $C_{ord} = A \cdot \frac{D}{Q} = 7 \cdot \frac{500}{2160} \cdot 50 = 81\ €/Y$

c) $C_{magazzino\ annuale} = ?$

$$C_{mag} = \underbrace{\frac{Q}{2} \cdot h}_{\text{costo su base settimanale}} \cdot 50 = \frac{2160}{2} \cdot 0{,}5 \cdot \frac{0{,}15}{50} = 81\ €/Y$$

(infatti all'ottimo il costo di riordino coincide con il costo di magazzino)

d) $$IT = \frac{1}{\text{flow time}} = \frac{TH}{WIP} = \frac{500\ u/w}{\underbrace{\bar{I}}_{\text{inventory medio}}} = \frac{500}{\frac{Q^*}{2}} = \frac{500}{\frac{2160}{2}} = 0{,}46\ \text{turns}/$$

f) Distribuzione tests ai lavoratori (i tests devono rimanere nell'ordine predefinito) ipotizzando 6 lavoratori.

ideal span of control $= \dfrac{\sum t_i}{\text{numero lavoratori}} = \dfrac{75+80+90+65+70+55+80+65+80}{6} = 110,83$

op 1 $\Rightarrow$ 75

op 2 $\Rightarrow$ 85

op 3 $\Rightarrow$ 90

op 4 $\Rightarrow$ $\underbrace{65+70}_{4+5} = 135$

op 5 $\Rightarrow$ $\underbrace{55+80}_{6+7} = 135$

op 6 $\Rightarrow$ $\underbrace{65+80}_{8+9} = 145$

g) new capacity of the line = ?

$\Rightarrow cap = \min \{cap_i\} = \dfrac{1}{145} \cdot 3600 \ u/h = 24,83 \ u/h$

$\Rightarrow$ 4h 7m 30s dalle 8:00 $\Rightarrow$ $\boxed{t = 12:07:30}$

Q 4.6 - Yoggo Soft Drink - (Risolto a casa)

Machine-paced line (lo sappiamo perché parla di "conveyor belt" → nastro trasportatore)

Step	Num machines	Seconds per bottle
Bottling	1	1
Applying a lid	1	3
Labeling	2	5
Packaging	1	4

NOTA:
Anche se il labeling si serve di due macchine, esse lavorano in maniera alternata (cioè ognuna processa metà delle unità totali, stando a quanto ci viene detto dalla traccia)
Pertanto la capacità non è $\frac{2}{5}$, ma $\frac{1}{5}$.

a) cap process = ?

$$cap = \min\left\{1, \frac{1}{3}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}\right\}$$

$$= \frac{1}{5}\ u/s = 720\ u/h$$

$\parallel$ num bottiglie all'ora

1 box contiene 10 bottiglie

$\Rightarrow$ cap = 72 box/h $\left(\frac{720}{10}\right)$

b) bottleneck = ?

Bottleneck at step 3.

c) La capacità non cambierebbe perché viene comunque processata un'unità per volta.

d) $IU_{packaging}$ = ? Demand = 60 boxes/h

$$IU = \frac{Demand}{Capacity}$$

$$cap\ packaging = \frac{1}{4} \cdot 3600 = 900\ bottles/h = 90\ boxes/h$$

$$\Rightarrow IU = \frac{60}{90} = 0,\bar{6} = 66,67\%$$

e) labor utilization = ?

$$\text{labor utilization} = \frac{\text{labor content}}{\text{labor content} + \text{idle time}}$$

labor content = $\sum t_i = 30 + 20 + 35 + 25 + 30 + 45 + 40 = 225\,s$

$$\text{cycle time} = \frac{1}{TH} = 60\,s$$

idle time = CT − processing time

ATTENZIONE: non calcolare l'idle time sui singoli stadi, ma sui lavoratori, perché le risorse sono costituite dai lavoratori.

idle 1 = $60 - (30+20) = 10\,s$

idle 2 = $60 - (35+25) = 0$ / collo di bottiglia

idle 3 = $60 - 30 = 30$

idle 4 = $60 - 45 = 15$

idle 5 = $60 - 40 = 20$

Total idle = $10 + 30 + 15 + 20 = 75$

$$\Rightarrow \text{labor utilization} = \frac{225}{225+75} = 0{,}75$$

f) cost of direct labor per unit = ?

$$= \frac{\text{stipendi}}{TH} = \frac{15\ \$/h \cdot 5}{60\ u/h} = \frac{75\ \$/h}{60} = 1{,}25\ \$/u$$

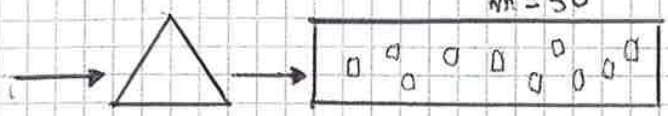
g) reallocation of workers

$$\text{span of control} = \frac{\text{tot processing time}}{\text{num workers}} = \frac{225}{5} = 45\,s$$

Q 8.3 - Car Rental Company - (Risolto a lezione)

Prima step da fare in questo tipo di esercizi: rappresentare il processo. PROCESSO = AFFITTO DEI SUV

DOMANDA = RICHIESTE DI AFFITTO



$t_e = 2{,}4h$ $\qquad$ $t_e = 3$ giorni

$CV_a = \frac{\sigma_a}{t_a} = \frac{2{,}4}{2{,}4} = 1$ $\Downarrow$ gli arrivi sono esponenziali $\qquad$ $CV_e = \frac{\sigma_e}{t_e} = \frac{1}{3}$

I SUV parcheggiati sono quelli non affittati, quindi in quei casi il "processore" non è attivo.

a) numero di SUV parcheggiati = ?

$$u = \frac{1/t_e}{(1/t_a)\cdot m} = \frac{t_e}{t_a \cdot m} = \frac{3 \cdot 24}{2{,}4 \cdot 50} = 0{,}6 \Rightarrow u = 60\%$$

$\Rightarrow 1 - u = 0{,}4 \Rightarrow$ il 40% dei "processori" è inattivo

$\Rightarrow$ n° SUV parcheggiati $= 50 \cdot 0{,}4 = 20$

Pertanto in media ci aspettiamo di trovare 20 SUV parcheggiati

b) Originariamente prezzo 80 €/giorno

Poi 80 - 25 = 55 €/giorno

$\Rightarrow$ aumenta domanda

$$12\ u/g = \frac{12}{24}\ u/h = 1/t_a \Rightarrow t_a = \frac{1}{\frac{12}{24}} = 2h$$

$$t_e = 4 \cdot 24 = 96\ h$$

$$u = \frac{t_e}{t_a \cdot m} = \frac{96}{50 \cdot 2} = 96\% \Rightarrow 1 - u = 1 - 0{,}96 = 4\%$$

SUV non affittati $= 50 \cdot 0{,}04 = 2$

Q 8.5 - Atlantic video - (Risolto a lezione)

$m = 1$ (one employee)

$t_a = \frac{1}{30}$ h $\qquad t_e = 1{,}7$ min

arrivano 30 clienti ogni ora, quindi il tempo di interarrivo è pari a 1/30 h

$$CV_a = \frac{\sigma_a}{t_a} = \frac{2 \text{ min}}{\frac{1}{30}\cdot 60} = 1 \Rightarrow$$ coefficienti pari a 1: arrivi esponenziali

$$CV_e = \frac{\sigma_e}{t_e} = \frac{3}{1{,}7} = 1{,}765$$

$$u = \frac{t_e}{t_a \cdot m} = \frac{1{,}7}{\frac{1}{30}\cdot 60 \cdot 1} = \frac{1{,}7}{2} = 0{,}85$$

a) $$T_q = \left(\frac{1^2 + 1{,}765^2}{2}\right)\left(\frac{0{,}85^{\sqrt{2\cdot(1+1)}-1}}{1-0{,}85}\right)\cdot\frac{1{,}7}{1} = 19{,}82 \text{ min} \cong 20 \text{ min}$$

b) Dobbiamo calcolare l'idle time rispetto al check-out.

idle time (check out) = 15% del tempo (perché è $1-u$, dove $u = 0{,}85$)

$= 0{,}15 \cdot 8$ h $= 0{,}15 \cdot 8 \cdot 60$ min

n° video ordinati $= \frac{0{,}15\cdot 8\cdot 60}{1{,}5} = 48$ video

c) $WIP = I_p + I_q = u + T_q \cdot TH$

$= 0{,}85 + 19{,}82 \cdot \frac{1}{t_a}$ — $TH = \frac{1}{t_a}$ in quanto il sistema è demand-constrained

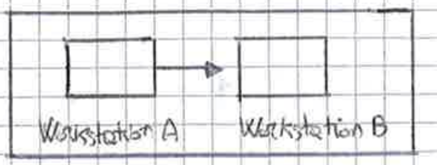
$= 0{,}85 + 19{,}82 \cdot \frac{30}{60} = 10{,}76 \cong 11$

d) Cambia il TH

TH originario = 30 clienti/h = $1/t_a$

il 10% va via $\Rightarrow 30 \cdot 0{,}1 = 3$

Q 9.5 - Two Workstations - (Risolto a lezione)



Nota: non c'è buffer

Scenario 1: TH = 12 unità / h

Scenario 2: Ha il flow time più alto di 1 perché, non essendoci il buffer, la prima stazione va in fase di blocking quando il processing time di B è 6 min ⇒ se Processing $t_B = 6$ min ⇒ Processing $t_A = 6$ min

Scenario 3: In media ha il flow time minore, perché A non va in blocking.

Q 9.7 - Gotham City Ambulance Services - (Risolto a lezione)

$m = 8$ $t_e = 1,5\,h$

$t_a = 15$ $CV_e = 1,5\,h$

$CV_a = 1$ $1g = 24\,h$

a) $P_m(r) = P_8(m \cdot u)$

$$u = \frac{t_e}{m \cdot t_a} = \frac{1,5h \cdot 60}{8 \cdot 15\,min} = 0,75 \Rightarrow r = 0,75 \cdot 8 = 6$$

$$P_8(6) = \frac{\frac{6^8}{8!}}{1 + \frac{6^1}{1!} + \frac{6^2}{2!} + \dots + \frac{6^8}{8!}} = 0,1219 \Rightarrow 12,19\%$$

(Vedi tabella Erlang loss)

b) Emergenze "servite"

$$= \frac{1}{t_a} \cdot (1 - P_8(6)) = \frac{1}{15} \cdot (1 - 0,1219) \cdot 60 \cdot 24 \cong 84$$

c) $CV_e = 1,5 \rightarrow 1,25$

⇒ non cambia nulla, perché la variazione del CV_e non va ad impattare con le emergenze che riusciamo a fronteggiare.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 43 di 64

$$t_e = t_0 + \frac{t_s}{N_s} = 10 + \frac{50}{10} = 15'$$

$$U_R = \frac{15}{1 \cdot \frac{16}{10} \cdot 60} = \frac{15}{96}$$

$$WIP_q = I_q = FT_q \cdot TH = \left(\frac{CV_a^2 + CV_e^2}{2}\right)\left(\frac{U_T}{1-U_T}\right)\left(\frac{t_e}{t_e}\right)$$

$$= \left(\frac{1+1}{2}\right)\left(\frac{10/16}{1-10/16}\right) \cdot 60 \cdot \frac{1}{\frac{1 \cdot 16 \cdot 60}{10}} = 1{,}04 \text{ ordini in coda}$$

$$B = 2 \cdot \left(WIP_q + \underbrace{f(\sigma_q)}\right)$$

perché ogni ordine richiede 2 tavoli

ricoprimento: è una funzione della deviazione standard

$$\boxed{\text{Secondo quesito}}$$

tempo medio evasione ordine = ? $\Rightarrow$ = flow time

$$T = T_{qt} + t_{et} + T_{qc} + t_{ec} + T_{qR} + t_{eR}$$

$$T_{qi} = \left(\frac{CV_{ai}^2 + CV_{ei}^2}{2}\right)\left(\frac{u_i^{\sqrt{2(m_i+1)}-1}}{1-u_i}\right) \cdot \frac{t_{ei}}{m_i}$$

$$CV_{ai}^2 = CV_{x\,i-1}^2 = 1 + \left(CV_{a\,i-1}^2 - 1\right)\left(1 - U_{i-1}^2\right) + \frac{\left(U_{i-1}^2\right)}{\sqrt{m_{i-1}}}\left(CV_{e\,i-1}^2 - 1\right)$$

TAGLIO

$$CV_{aT}^2 = CV_a^2 = 1$$

$$T_{qT} = \left(\frac{1^2 + 1^2}{2}\right)\left(\frac{0{,}625}{1-0{,}625}\right) \cdot \frac{60}{1} = 100'$$

CUCITO

$$CV_{ac}^2 = CV_{xT}^2 = 1 + (1-1)\left(1 - 0{,}625^2\right) + \frac{0{,}625^2(1-1)}{\sqrt{1}} = 1$$

$$CV_{ec}^2 = \overset{0{,}4}{2} + (1+1) \cdot 0{,}95 \cdot (1-0{,}95) \cdot \frac{10}{90} = 2{,}01$$

$$T_{qc} = \left(\frac{1^2 + 2{,}01}{2}\right)\left(\frac{0{,}49^{\sqrt{2(2+1)}-1}}{1-0{,}49}\right) \cdot \frac{94{,}74}{2} = 49{,}71'$$

Q7.4 - Two-step - (Risolto a casa)

	A	B
Process t (min)	1	0,1
Setup t (min)	-	9

a) B = 5 process capacity = ?

$cap_A = 1\,u/min$ (non c'è setup, dunque la calcolo semplicemente come $\frac{1}{t_{processo}}$)

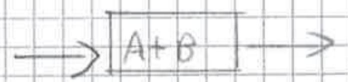
$$cap_B = \frac{B}{S + P \cdot B} = \frac{5}{9 + 0{,}1 \cdot 5} = 0{,}53\ u/min$$

b) B t.c. max TH, min WIP = ? (ampia domanda ⇒ sistema "supply constrained")

$cap_A = 1 \Rightarrow$ max TH = 1, perché process t di B è < process t A ⇒ A collo di bottiglia

$$B^* = \frac{TH \cdot S}{1 - TH \cdot P} = \frac{1 \cdot 9}{1 - 0{,}1 \cdot 1} = 10$$

c) NO BUFFER ⇒



Process t = 1,1
Setup t = 9

Il buffer viene rimosso, dunque il nostro processo può essere immaginato come un unico stadio comprendente gli stadi A e B precedentemente considerati separati

B t.c. TH = 0,82 u/min = ?

$$B = \frac{TH \cdot S}{1 - TH \cdot P} = \frac{0{,}82 \cdot 9}{1 - 0{,}82 \cdot 1{,}1} \cong 75$$

d) Depositing:

new processing time = 0,45 min

No setup

$cap_1^1 = \frac{1}{0,45} = 2,22\ u/min = TH$

(essendo il processing time di 1 il minore, 1 è il collo di bottiglia, perché non ha setup e il setup può solo abbassare la capacità:

$cap = \frac{B}{S + B \cdot P}$)

$\Rightarrow B^* = \frac{TH \cdot S}{1 - TH \cdot P}$

$B_2^* = \frac{2,22 \cdot 30}{1 - 2,22 \cdot 0,25} \cong 150$

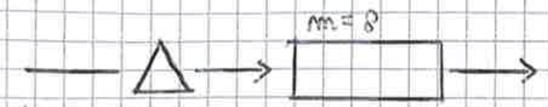
$B_3^* = \frac{2,22 \cdot 20}{1 - 2,22 \cdot 0,2} \cong 80$

$cap_2(80) = \frac{80}{30 + 80 \cdot 0,25} = 1,6\ u/min$

$cap_3(150) = \frac{150}{20 + 150 \cdot 0,2} = 3\ u/min$

$\Rightarrow$ utilizzando B = 80 la capacità totale del processo si abbasserebbe, dunque scegliamo $B_2^* = 150$

Q.8.8 - Security Walking Escorts - (Risolto a casa)



$t_a = 5$ min $\quad$ $t_e = 25$ min

$CV_a = 1 \Rightarrow$ exp $\quad$ $CV_e = 1$

$I_P = t_e \cdot TH = 25\,\text{min} \cdot \frac{1}{5\,\text{min}} = 5$ u

a) agenti disponibili = tot agenti − agenti "in processo"
$= 8 - 5 = 3$

b) $T_q = ?$

$$u = \frac{t_e}{m \cdot t_a} = \frac{25}{8 \cdot 5} = 0{,}625$$

$$T_q = \frac{CV_a^2 + CV_e^2}{2} \cdot \frac{u^{\sqrt{2(m+1)}-1}}{1-u} \cdot \frac{t_e}{m} = \frac{1^2+1^2}{2} \cdot \frac{0{,}625^{\sqrt{18}-1}}{1-0{,}625} \cdot \frac{25}{8} = 1{,}815$$

c) $TH' = 19{,}2$ u/h
$t_a' = 3{,}125$ min
$CV_a' = 1$

Erlang

- m
- $\rho = m \cdot u$

$$u = \frac{t_e}{m \cdot t_a} = \frac{25}{8 \cdot 3{,}125} = 1 \Rightarrow \rho = 1 \cdot 8 = 8$$

$P_m(\rho) = P_8(8) = 0{,}2356 \rightarrow$ probabilità che tutti gli agenti di sicurezza siano in servizio

Numero ragazzi che cancellano prenotazione = probabilità che tutti gli agenti siano in servizio · tasso di domanda

$$= P_8(8) \cdot TH = 0{,}2356 \cdot \frac{1}{3{,}125} = 0{,}32\ \text{u/min} = 19{,}2\ \text{u/h}$$

d) $m = 8$ non basta perché $P_m(\rho) = 0{,}2356$ e vogliamo $P_m(\rho) \le 0{,}2$ (1 − 80%)

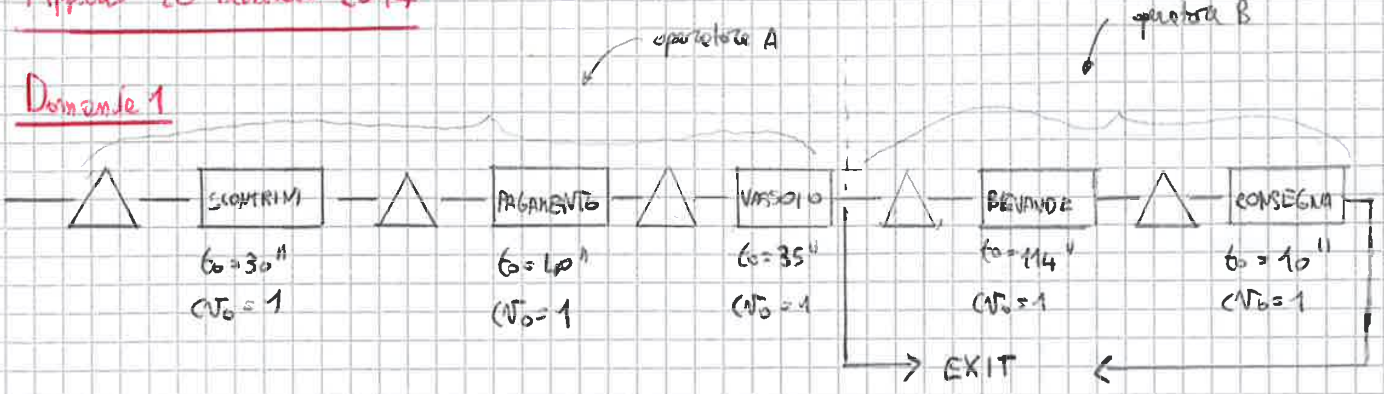
se $m = 9 \Rightarrow u = \frac{t_e}{m \cdot t_a} = \frac{25}{9 \cdot 3{,}125} = 0{,}889$

$\rho = m \cdot u = 9 \cdot 0{,}889 = 8{,}001 \cong 8$

$\Rightarrow P_9(8) = 0{,}1731 < 0{,}2 \Rightarrow$ ok! $\Rightarrow$ servono almeno 9 agenti di sicurezza.

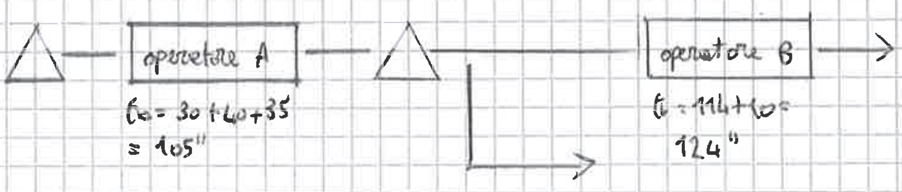
Appello 20 Febbraio 2014

Domanda 1



$r_a = 40$ u/h $\Rightarrow t_a = \frac{1}{40}$ h

1) Occorre calcolare gli utilizzi (NOTA BENE: gli utilizzi non si calcolano sui singoli step, come scontrino, pagamento ecc..., ma sui due operatori A e B)



$$U_A = \frac{t_e}{m \cdot t_a} = \frac{105''}{1 \cdot \frac{1}{40h} \cdot 3600} = \frac{105}{90} > 1$$

Basterebbe fermarsi dopo aver calcolato il primo utilizzo per dire che il sistema è instabile

$$U_B = \frac{124}{90}$$

2) $t_{0,TOT} = 30 + 40 + 35 + 114 + 10 = 229''$

$\frac{229}{90} \cong 2,5 \Rightarrow$ almeno 3 operatori

Varie alternative:

1) 30 + 40 (A) 35 (C) 114 + 10 (B + convogliatore)

2) oppure work all $\Rightarrow$ tutti fanno tutto $\Rightarrow u = \frac{229}{3 \cdot 90}$

Appello 16 giugno 2014

Domanda 1

$D = 5\ u/g$

$A = 10\ €$ (costo fisso per ordine dato dal trasporto)

$v = 1\ €$ (costo prodotto)

$h = 0{,}20\ €/(g \cdot u)$ ⇒ il nostro magazzino è dato dal congelatore)

$b = 0{,}10\ €/(g \cdot u)$ ⇒ lo sconto può essere considerato come il costo di backorder

a) Lotto economico con i backorder

$$Q^* = \sqrt{2AD\left(\frac{1}{h} + \frac{1}{b}\right)}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 5\left(\frac{1}{0{,}2} + \frac{1}{0{,}1}\right)} = 38{,}73 \cong 39\,u$$

b) $B^* = ?$

$$B^* = Q^* \cdot \left(\frac{h}{h+b}\right) = 39 \cdot \left(\frac{0{,}2}{0{,}2+0{,}1}\right) = 26\,u$$

$$T^* = \frac{Q^*}{D} = \frac{39}{5} \cong 8$$

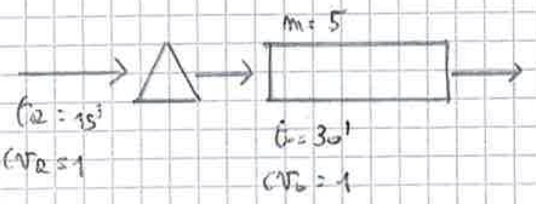
c) Calcoliamo t_1 ; t_1 = tempo di giacenza in magazzino

$$t_1 = \frac{Q-B}{D} = \frac{39-26}{5} = 2{,}6$$ ⇒ Quindi ogni mozzarella non rimane al massimo per 3 giorni: non cambia nulla e la quantità ordinata rimane la stessa.

$$D_{TOT} = \frac{1}{t_{a\,AG}} + \frac{1}{t_{a\,DT}} = 1 + 4 = 5 \text{ clienti/ore}$$

$$r_a = D_{TOT}(1 - 0{,}2) = 5 \cdot 0{,}8 = 4 \text{ cl/h}$$

$$\Rightarrow t_a = \frac{60}{4} = 15 \text{ min (in media)}$$



$T_q = ?$ $\qquad u = \frac{30}{5 \cdot 15} = 0{,}4$

$$T_q = \frac{1^2 + 1^2}{2} \cdot \frac{0{,}4^{\sqrt{2(5+1)} - 1}}{1 - 0{,}4} \cdot \frac{30}{5} = 1{,}05 \text{ min}$$

3) $m_f = 50h$ $\quad\quad c_r = 1$ (condizione guasti poissoniani)

$m_r = 20\,h$

$$A = \frac{m_f}{m_f + m_r} = \frac{50}{70} = \frac{5}{7}$$

availability

Versione risultato in questione

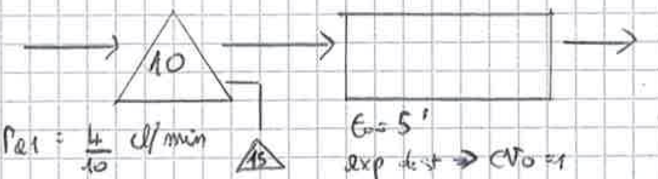
$$t_{e2} = \frac{t_{02}}{A} = \frac{0{,}8}{5/7} = 1{,}12 \Rightarrow u = \frac{1{,}12}{1 \cdot \frac{1}{60} \cdot 60} = 1{,}12 \Rightarrow$$

STOP! non ha senso continuare perché l'utilizzo è maggiore di 1 ed è violata la condizione di stabilità.

$\Rightarrow$ il TH di 60 u/h non è raggiungibile.

Appello 15 giugno 2015

Domanda 2



$r_{e1} = \frac{4}{10}$ cl/min

$t_0 = 5'$
exp dist $\Rightarrow cv_0 = 1$
$t_s = 2'$
$N_s = 10$
$cv_s = 1 \Rightarrow \sigma_s = 2'$

$r_{e2} = 3$ cl/h

nessuna info sul cv $\Rightarrow$ assumiamo $cv_{a1} = 1$ e $cv_{a2} = 1$

costo eventuale buffer da 15 = 9000 €/mese (1 mese = 30 giorni)

$\pi_c = 8$ € (profitto medio)

① PUNTA $\Rightarrow$ 4h

② NON DI PUNTA $\Rightarrow$ 6h

N.B.: NON si possono mettere insieme ore di punta e non di punta: il sistema è stazionario PER FASCE.

$$t_e = t_0 + \frac{t_s}{N_s} = 5 + \frac{2}{10} = 5{,}2'$$

$$cv_e^2 = \frac{\sigma_0^2 + \frac{\sigma_s^2}{N_s} + \frac{t_s^2(N_s-1)}{N_s^2}}{t_e^2} =$$

$$= \frac{5^2 + \frac{2^2}{10} + \frac{2^2(10-1)}{10^2}}{5{,}2^2} = 0{,}95$$

ORE NON DI PUNTA

$r_a = 3$ cl/h $\Rightarrow t_a = \frac{1}{3}$ h/cl $= \frac{60}{3}$ min $= 20$ min

$cv_a = 1$

$u = \frac{t_e}{m \cdot t_a} = \frac{5{,}2}{1 \cdot 20} = 0{,}26$ (è un utilizzo bassissimo)

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 61 di 64

Appello 3 settembre 2015

Domanda 1

$t_0 = 3'$
$CV_0 = 0$

$t_0 = 3'$
$CV_0 = 0$
$N_S = 10$
$t_S = 10'$ $CV_S = 0$
$mf = 20'$
$mr = 20'$ $CV_r = 0$

$p = 5u/h$

N.B.: Si ottengono risultati diversi a seconda che si applichi prima setup e poi guasti oppure prima guasti poi setup.

Regola generale: se la macchina non si può guastare durante setup applico prima il guasto al tempo di processo, viceversa in caso contrario.

In questo caso la macchina può guastarsi durante il setup, quindi applico prima setup e poi guasto.

$$t_{eI} = 3 + \frac{10}{10} = 4 \qquad \left(t_{eI} = t_0 + \frac{t_S}{N_S} \right)$$

I = intermedio

$$t_e = \frac{t_{eI}}{A} \quad ; \quad A = \frac{mf}{mf+mr} = \frac{20}{40} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow t_e = \frac{4}{\frac{1}{2}} = 8$$

$$\sigma_e^2 = \sigma_0^2 + \frac{\sigma_S^2}{N_S} + \frac{(N_S - 1)\, t_S^2}{N_S^2}$$

$\sigma_0 = 0$ perchè è esattamente 3 minuti

$$= 0 + \frac{0}{10} + \frac{(10-1)\cancel{10^2}}{\cancel{10^2}} = 9$$

$$CV_{eI}^2 = \frac{\sigma_e}{t_{eI}} = \frac{9}{16}$$

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 63 di 64