
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
SETTORE INDUSTRIALE
Prova Pratica di Progettazione
Tema 8: TEMA DI GESTIONALE-IMPIANTI

L'azienda Falsari S.p.a. realizza complementi di arredo di alta gamma nel settore del design made in Italy. L'amministratore delegato (AD) ha deciso di cogliere l'occasione della chiusura estiva dello stabilimento nelle due settimane centrali di Agosto per riorganizzare la produzione del loro prodotto storico, la cassettera Poppi (Figura 1). Questo prodotto ha registrato un incremento sostanziale delle vendite negli ultimi 18 anni, come mostrato dalla Tabella 1. L'ufficio marketing dell'azienda è stato incaricato dall'AD di determinare se ci sia una possibile correlazione tra questo trend positivo e alcuni fattori del mercato di riferimento. L'ufficio marketing ha quindi individuato tre possibili fattori che mostrano un certo legame con le vendite della cassettera Poppi: numero di interventi di ristrutturazione edilizia in Italia, l'esportazione italiana nel settore dell'arredamento ed il numero di contratti di fornitura siglati dall'azienda con rivenditori internazionali. La Tabella 1 mostra il valore di questi indicatori e delle vendite della cassettera Poppi negli ultimi 18 anni.



Figura 1. Cassettera Poppi della Falsari S.p.a.

Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
SETTORE INDUSTRIALE
Prova Pratica di Progettazione
Tema 8: TEMA DI GESTIONALE-IMPIANTI

Anno	Interventi ristrutturazione [migliaia di interventi/anno]	Export [M€/anno]	Contratti fornitura [contratti/anno]	Domanda mercato [migliaia pz/anno]
1999	26	38	1680	4.2
2000	34	36	1850	4.5
2001	36	32	2330	3.5
2002	47	44	2440	7.1
2003	54	153	2680	6.2
2004	61	160	2350	6.3
2005	80	176	2610	8.9
2006	109	184	2540	14.3
2007	145	205	3170	15.4
2008	177	283	2350	20.0
2009	229	291	3760	21.7
2010	269	330	3130	30.8
2011	281	316	3150	29.7
2012	302	306	2640	31.7
2013	317	290	2850	32.8
2014	333	321	2500	31.8
2015	348	264	4460	37.1
2016	365	251	4480	37.5
2017	377	265	4620	?
2018	389	276	4810	?
2019	394	283	4940	?
2020	399	291	5120	?

Tabella 1. Indicatori e domanda di mercato della cassetteria Poppi negli ultimi anni.

Al candidato ingegnere si chiede di:

1. Stabilire quale tra le tre variabili indipendenti storicamente registrate possa essere assunta come il migliore indicatore del numero di vendite previste della cassetteria Poppi giustificando opportunamente e numericamente la risposta.
2. Utilizzando tale indicatore stimare, mediante correlazione lineare semplice, il numero di vendite previste della cassetteria per l'anno 2017 e per tutti gli anni precedenti (ovvero dal 1999 al 2017 compresi).
3. Utilizzare l'equazione della retta di regressione individuata per stimare le vendite della cassetteria negli esercizi economici 2018, 2019 e 2020.
4. Sugerire all'ufficio produzione un previsione nel numero di cassettiere da realizzare nell'anno 2017 per garantire con ragionevole certezza il soddisfacimento di tutta la domanda di mercato. (Suggerimento: per ragionevole certezza si intenda un intervallo di confidenza del 95% della previsione effettuata della domanda di mercato).

Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
SETTORE INDUSTRIALE
Prova Pratica di Progettazione
Tema 8: TEMA DI GESTIONALE-IMPIANTI

Tra le attività richieste dall'AD per la riorganizzazione della produzione del prodotto storico della Falsari S.p.a. è presente il dimensionamento di una flotta di veicoli AGV (Automated Guided Vehicle) (Figura 2) per la movimentazione dei materiali tra i reparti di fabbricazione usati per la realizzazione dei componenti della cassetteria Poppi. La popolarità acquisita da questo prodotto negli ultimi anni ha reso opportuno dedicare un piccolo capannone unicamente alle lavorazioni richieste dai suoi componenti. La Figura 3 rappresenta lo schema del layout del capannone in esame. I corridoi possono essere percorsi solamente in un'unica direzione ed ogni reparto di fabbricazione presenta un unico punto di carico/scarico materiali.

Ogni cassetteria presenta tre famiglie di componenti: le cerniere metalliche, le maniglie e i pannelli in legno. Per ogni cassetteria da produrre è necessario realizzare 4 cerniere, 8 maniglie e 15 pannelli in legno. Le tre famiglie di componenti seguono il ciclo di lavorazioni mostrato dalla Tabella 2 visitando i diversi reparti nell'ordine prestabilito. Per effettuare queste movimentazioni vengono utilizzati apposti pallet la cui capacità è espressa dalla Tabella 3. Si noti che grazie alle operazioni di taglio, la capacità del pallet per movimentare i pannelli in legno passa da 60 a 120 pannelli dopo il reparto Segatura. Infine, l'organizzazione della produzione di questi reparti prevede 220 giorni lavorativi all'anno, con tre turni da 8 ore ciascuno.



Figura 2. Automated guided vehicle (AGV).

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
 PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
 SETTORE INDUSTRIALE
 Prova Pratica di Progettazione
 Tema 8: TEMA DI GESTIONALE-IMPIANTI

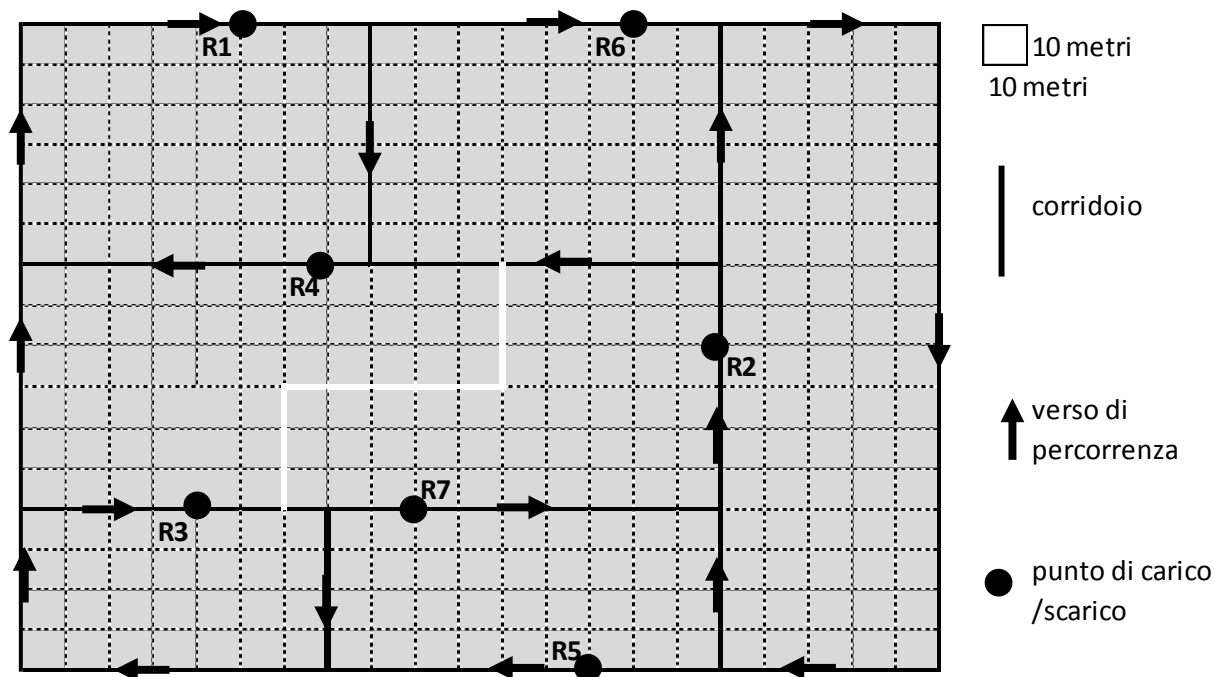


Figura 3. Schema del layout del capannone in esame.

Reparto	Lavorazioni
R1	Foratura
R2	Segatura
R3	Fresatura
R4	Tornitura
R5	Piegatura
R6	Collaudo
R7	Verniciatura

Fase lavorazione	Cerniere metalliche	Maniglie	Pannelli in legno
1°	R4	R2	R5
2°	R3	R3	R1
3°	R5	R4	R2
4°	R4	R5	R1
5°	R6	R6	R7
6°		R7	R6

Tabella 2. Ciclo di lavorazione dei componenti della cassetiera Poppi.

Componente	Capacità pallet [pz/pallet]
Cerniere metalliche	25
Maniglie	40
Pannelli in legno	60 (120)*

* la capacità del pallet per i pannelli di legno passa da 60 a 120 pezzi dopo che i componenti hanno visitato il reparto Segatura.

Tabella 3. Capacità di carico dei pallet per la movimentazione dei componenti.

Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
SETTORE INDUSTRIALE
Prova Pratica di Progettazione
Tema 8: TEMA DI GESTIONALE-IMPIANTI

Al candidato ingegnere si chiede di dimensionare la flotta di veicoli AGV per garantire la movimentazione dei materiali necessari a produrre il quantitativo annuo di cassettiere Poppi stimato per il 2017 al punto 4 di questa prova con un intervallo di confidenza del 95%.

In particolare modo si chiede di determinare:

5. La from-to-chart dei viaggi a carico tra i reparti.
6. Il flusso netto di veicoli in esubero o mancanti nei vari reparti a fine turno.
7. La from-to-chart delle distanze tra i reparti. Si calcolino solamente le distanze utili ai fini della risoluzione del problema.
8. Una proposta di ribilanciamento dei veicoli della flotta AGV a fine turno.
9. Il numero di carrelli AGV da acquistare e il numero di carrellisti da assumere alla luce delle caratteristiche tecniche dei mezzi di movimentazione presentate in Tabella 4.
10. Analizzare criticamente i risultati ottenuti proponendo eventuali migliorie del layout del capannone analizzato in condizioni di risorse economiche scarse e proponendo le soluzioni contraddistinte dal miglior rapporto costi-benefici.

Velocità del mezzo carico	0.35 m/s
Velocità del mezzo scarico	0.45 m/s
Tempo fisso di carico	20 sec
Tempo fisso di scarico	10 sec
Fattore di disponibilità del veicolo	0.9

Tabella 4. Caratteristiche tecniche dei mezzi AGV.

L'AD della Falsari S.p.a. desidera progettare una nuova linea di assemblaggio manuale dedicata alla realizzazione della cassetiera Poppi. La linea assembla i componenti precedentemente lavorati nel capannone e movimentati dalla flotta di veicoli AGV. La Falsari S.p.a. utilizza già due linee di assemblaggio interamente dedicate a questa cassetiera e completamente sature. Quindi, alla luce della domanda di mercato crescente, l'AD ne vuole realizzare una terza. Questa nuova linea deve essere in grado di soddisfare UN TERZO del valore massimo stimato con un intervallo di confidenza del 95% della domanda di mercato prevista per il 2017 al punto 4 di questa prova. La linea lavora 220 giorni all'anno per un unico turno giornaliero di 8 ore. Gli operatori addetti all'assemblaggio vengono contabilizzati con un costo orario di 23 €. L'eventuale completamento di attività di assemblaggio fuori linea viene invece contabilizzato con un costo pari a tre volte di quello in linea a causa della complessità organizzativa di queste operazioni e del grado di specializzazione richiesto per eseguirle.

La seguente Figura 4 mostra il diagramma delle precedenze tecnologiche tra i task dell'assemblaggio, mentre la Tabella 5 elenca per ciascun task le principali informazioni come la durata media (M_k) e la sua varianza (σ_k^2).

Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
SETTORE INDUSTRIALE
Prova Pratica di Progettazione
Tema 8: TEMA DI GESTIONALE-IMPIANTI

Al candidato ingegnere viene richiesto di progettare la linea di assemblaggio utilizzando il metodo di Kottas-Lau, e nello specifico di:

11. Determinare per ogni task il costo di completamento in linea (L_k), il costo di completamento fuori linea del singolo task (I'_k), il suo costo di completamento fuori linea assieme a quello di tutti i task tecnologicamente successivi (I_k) ed il valore di soglia di desiderabilità dell'esecuzione del task (z_k^*).
12. Assegnare i tasks alle stazioni di assemblaggio, mostrando le valutazioni effettuate ed i criteri di scelta adottati. Presentare successivamente il bilanciamento proposto per la linea evidenziando per ogni stazione quali sono i task assegnati.
13. Analizzare criticamente la soluzione trovata valutando la saturazione degli operatori e proponendo possibili azioni di miglioramento.
14. Calcolare il costo unitario di assemblaggio della cassettera Poppi (€/pz) mostrando le due sue componenti, ovvero il costo per montaggio in linea e quello fuori linea.

Si utilizzi la Tabella 6, funzione di distribuzione di probabilità della variabile aleatoria normale, per determinare le grandezze probabilistiche necessarie.

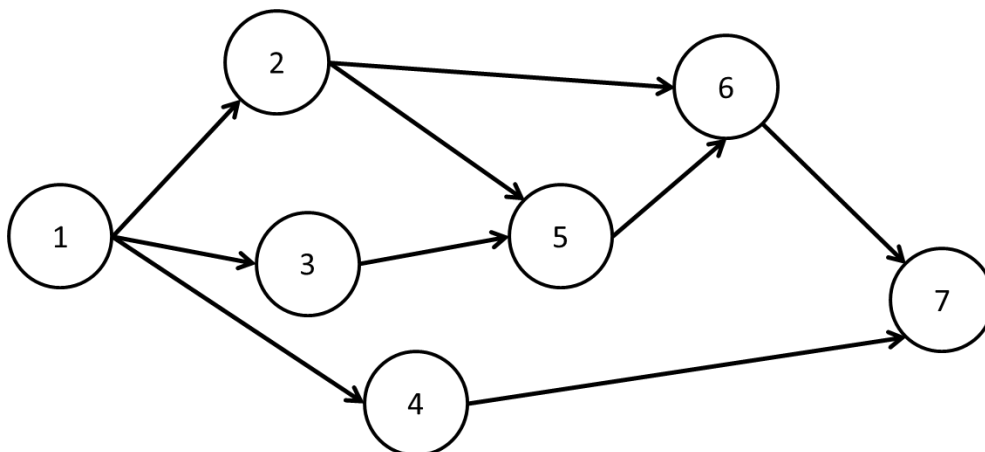


Figura 4. Diagramma delle precedenze tecnologiche per l'assemblaggio della cassettera Poppi.

Task k	M_k [min]	σ_k^2 [min]
1	1.8	0.6
2	2.7	0.5
3	0.9	0.4
4	2.3	0.8
5	3.6	1.3
6	4.7	1.4
7	1.4	0.3

Tabella 5. Durata media (M_k) e varianza (σ_k^2) di ogni task k .

Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
SETTORE INDUSTRIALE
Prova Pratica di Progettazione
Tema 8: TEMA DI GESTIONALE-IMPIANTI

z	Seconda cifra decimale di z									
	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.50000	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.52790	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.54380	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.62930	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.65910	0.66276	0.66640	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.70540	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.72240
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.75490
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.76730	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.78230	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1.0	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.86650	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.87900	0.88100	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.90320	0.90490	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91308	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.92220	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408
1.6	0.94520	0.94630	0.94738	0.94845	0.94950	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.96080	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.97320	0.97381	0.97441	0.97500	0.97558	0.97615	0.97670
2.0	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.98030	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98214	0.98257	0.98300	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.98500	0.98537	0.98574
2.2	0.98610	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.98840	0.98870	0.98899
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.99010	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.99180	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.99430	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.99520
2.6	0.99534	0.99547	0.99560	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.99720	0.99728	0.99736
2.8	0.99744	0.99752	0.99760	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3.0	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.99900
3.1	0.99903	0.99906	0.99910	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.99940	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.99950
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.99960	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.99970	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.99980	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989
3.7	0.99989	0.99990	0.99990	0.99990	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997

Tabella 6. Funzione di distribuzione di probabilità della variabile aleatoria normale, $P(0 \leq U \leq z)$.

Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
SETTORE INDUSTRIALE
Prova Pratica di Progettazione
Tema 8: TEMA DI GESTIONALE-IMPIANTI

L'AD della Falsari S.p.a richiede infine di migliorare le performance affidabilistiche della linea automatica più critica del reparto lavorazioni meccaniche. La linea è composta da due macchine identiche per la foratura del legno in grado di processare 60 pz/h ciascuna e da una macchina per la levigatura dei pezzi forati dalla produttività di 120 pz/h. La produttività target dell'intera linea è di 120 pz/h e il suo schema funzionale è rappresentato dalla Figura 5.

L'ufficio manutenzione ha tenuto traccia degli ultimi guasti avvenuti alle due tipologie di macchine i cui tempi al guasto sono presentati in Tabella 7.

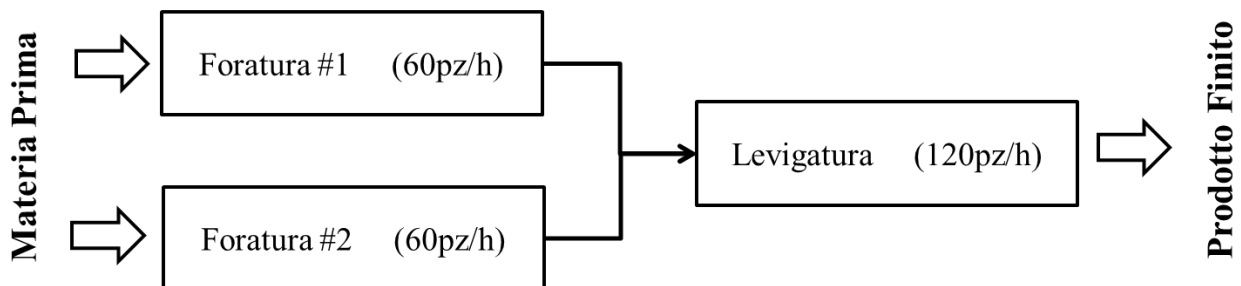


Figura 5. Schema funzionale della linea automatica.

# Failure	Foratura [ore]	Levigatura [ore]
1	653	198
2	876	463
3	831	375
4	527	120
5	635	192
6	753	332
7	552	158
8	957	499
9	698	323
10	670	235

Tabella 7. Tempi al guasto (espressi in ore) delle due macchine che compongono la linea automatica.

Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.

ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
PRIMA SESSIONE 2016 – SEZIONE A
SETTORE INDUSTRIALE
Prova Pratica di Progettazione
Tema 8: TEMA DI GESTIONALE-IMPIANTI

Ipotizzando di essere nel periodo di vita utile delle macchine e che queste non siano riparabili, al candidato ingegnere si chiede di:

15. Calcolare e rappresentare le curve affidabilistiche dei due macchinari.
16. Calcolare e rappresentare la curva affidabilistica dell'intera linea automatica.
17. Calcolare la probabilità che la linea automatica si interrompa completamente almeno una volta durante il primo mese di lavoro sapendo che è in funzione per 8 ore al giorno.

L'AD ha messo a budget € 60.000 per apportare miglioramenti affidabilistici alla linea automatica. La Tabella 8 presenta gli interventi possibili, la tipologia di macchina interessata, il costo dell'intervento e il miglioramento apportabile al rateo di guasto condizionato (λ) della macchina (espresso in termini assoluti)

Al candidato ingegnere si chiede di:

18. Proporre e giustificare quali interventi migliorativi apportare ai macchinari con il budget messo a disposizione dall'AD.

Intervento	Macchina	Costo [€]	$\Delta \lambda$ [valore assoluto]
Cambio cinghia di trasmissione	Foratura	6'000	0.0051
Ridimensionamento motore brushless	Foratura	17'000	0.0037
Inserimento pistoni oleodinamici	Levigatura	28'000	0.0019
Sostituzione albero trasmissione	Foratura	21'000	0.0067
Modifica cuscinetti	Levigatura	13'000	0.0056
Sostituzione punta forante	Foratura	25'000	0.0028
Inserimento aspirazione truciolato	Levigatura	19'000	0.0069

Tabella 8. Possibili interventi affidabilistici per migliorare l'affidabilità delle macchine.

Nota. Per ogni dato mancante nel testo fare riferimento alle regole del buon progetto.