

Tema 1

Si vuole progettare il sistema idraulico dell'impianto di produzione idroelettrica schematizzato in Figura 1.

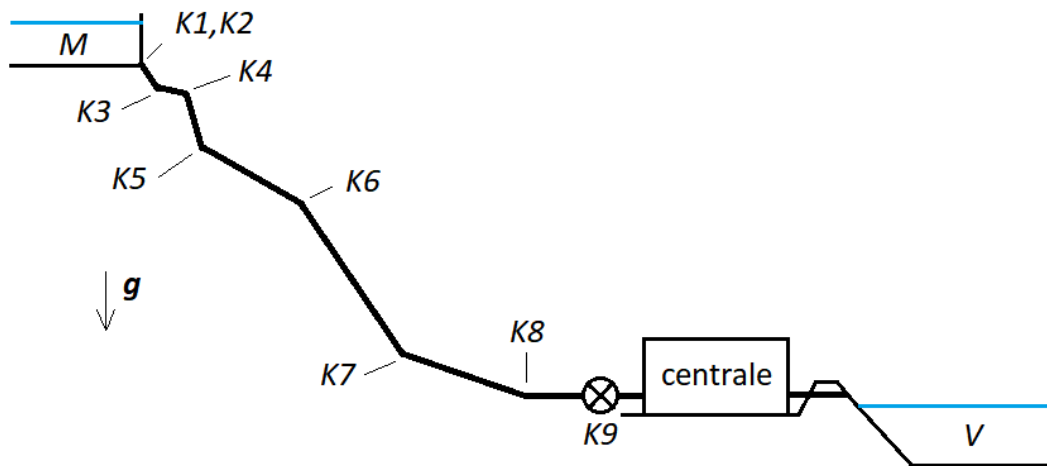


Figura 1: Schema dell'impianto di produzione idroelettrica.

Caratteristiche del sistema

FLUIDO		
Densità	ρ	1000 kg/m^3
Viscosità dinamica	μ	$8.9 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$
Portata a monte	Q	$1 \text{ m}^3/\text{s}$
BACINI		
A monte	M	1050 m s.l.m.
A valle	V	300 m s.l.m.
CONDOTTA		
Lunghezza	l	1600 m
Scabrezza assoluta	ε	0.05 mm
PERDITE CONCENTRATE		
Ingresso	K_1	0.5
Filtro	K_2	1.5
Curva	K_3	0.1
Curva	K_4	0.2

Curva	K_5	0.15
Curva	K_6	0.08
Curva	K_7	0.08
Curva	K_8	0.06
Valvola a sfera	K_9	5
Ugello	K_u	0.25

Richieste

- 1) Verificare tramite il grafico in Figura 3 che la turbina idraulica più adatta per l'impianto in analisi è la turbina Pelton. Una volta scelto il numero di getti n_g si calcoli il diametro d_u dell'ugello che indirizza il flusso sulle pale. A tal fine si usi la relazione fornita dal costruttore della turbina

$$d_u = 1.178 \sqrt{\frac{Q}{n_g \sqrt{g H_n}}} \quad (1)$$

dove H_n è il salto netto disponibile. Si ipotizzi di porre la turbina alla medesima quota del bacino a valle e si trascurino tutte le perdite di carico nel sistema idraulico. Si consideri $g = 9.807 \text{ m/s}^2$.

- 2) Considerando ora le perdite di carico si stimi il diametro della condotta d_c in grado di garantire allo scarico dell'ugello la portata disponibile a monte Q . Si ipotizzi trascurabile la lunghezza dell'ugello e si ricordi che la perdita concentrata K_u associata all'ugello è definita rispetto alla velocità in uscita. Si scelga in seguito quale tubazione adoperare per le condotte forzate tra quelle rese disponibili dal fornitore e riportate in Tabella 1.
- 3) Calcolare la nuova portata all'interno della tubazione scelta, le perdite di carico, il salto netto e la potenza disponibile all'ingresso della turbina.
- 4) Tramite la relazione (1) si determini il valore corretto del diametro dell'ugello e si calcoli la forza assiale che agisce sulla flangia bullonata (vedi Figura 2) trascurando il peso dell'ugello.
- 5) Le logiche di produzione dell'impianto prevedono che durante il periodo notturno, dalle ore 00:00 alle ore 06:00, si sollevino dal bacino a valle al bacino a monte $v_n = 3000 \text{ m}^3$ di acqua tramite una pompa. Per questo scopo si utilizza una condotta parallela a quella riportata in Figura 1, di diametro $d_n = 200 \text{ mm}$ e scabrezza relativa $s/d_n = 0.0001$. Si determini la potenza richiesta alla pompa considerando trascurabili le perdite concentrate.
- 6) Discutere le criticità legate all'altezza di installazione della pompa.
- 7) Si vuole introdurre infine, tramite una paratia, un sistema di regolazione dello scolo del bacino a valle come schematizzato in Figura 4. Sia ρ_m la densità uniforme del materiale di riempimento del volume avente per sezione il quarto di cerchio di raggio R . Sia b l'estensione del canale di scolo in direzione perpendicolare al foglio. Nell'ipotesi di fluido in quiete, calcolare simbolicamente l'altezza del pelo libero tale per cui la paratia si apre e scarica l'acqua verso valle.

Tabella 1: Diametri delle tubazioni per condotte forzate disponibili.

tubazione	d [mm]
A	200
B	250

C	300
D	350
E	400
F	500
G	600

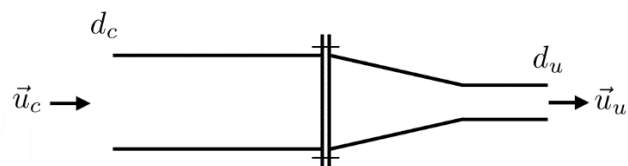


Figura 2: Schema semplificato dell'ugello.

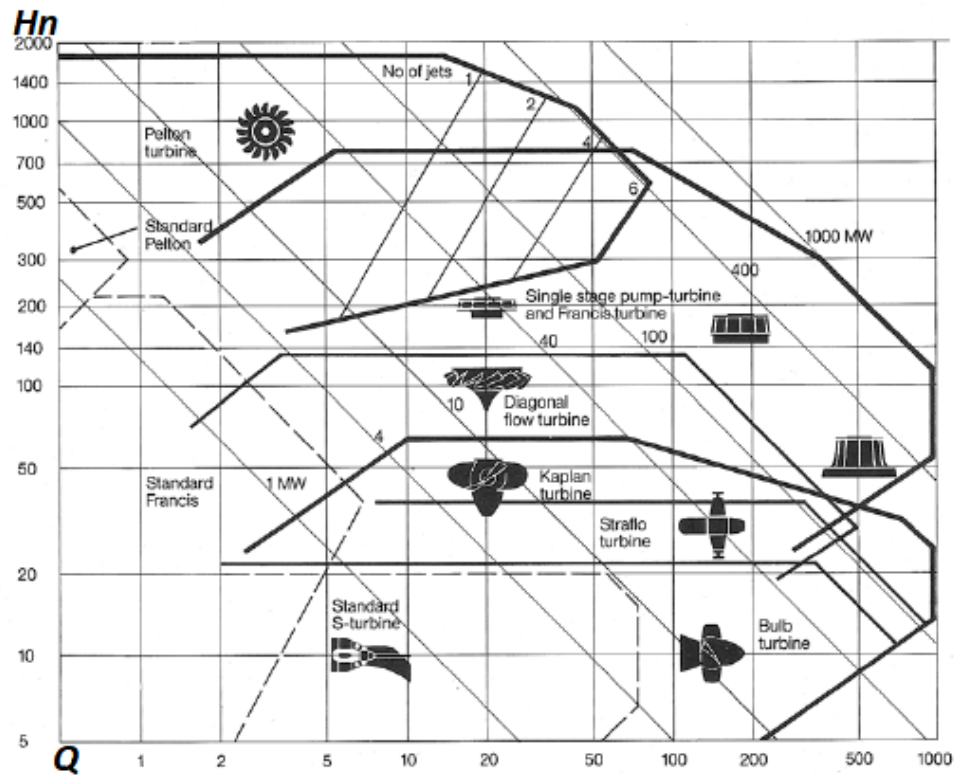


Figura 3: Aree di applicazione delle turbine ad acqua in funzione della portata volumica Q [m^3/s] e del salto netto H_n [m]. Raabe J., Hydro Power. The design, use and function of hydromechanical, hydraulic and electrical equipment, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1985.

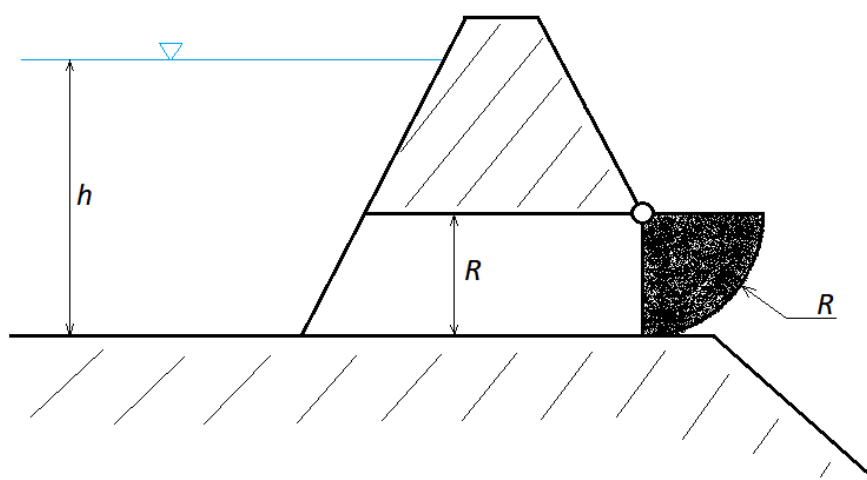


Figura 4: Schema del sistema di regolazione del bacino a valle con paratia chiusa. La paratia (area scura in figura) è completamente riempita con materiale omogeneo di densità ρ_m .

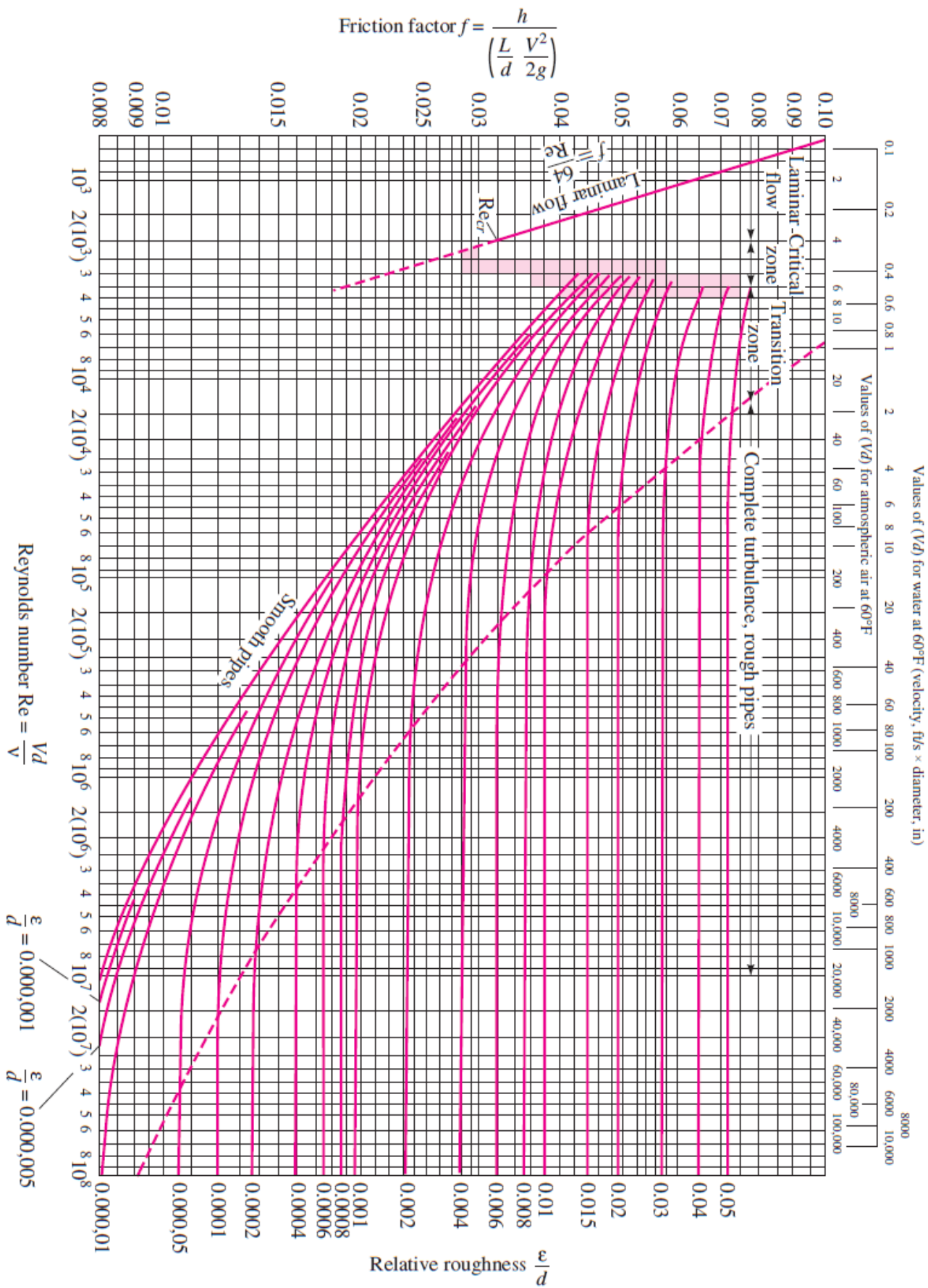


Figura 5: Abaco di Moody. Frank M. White, Fluid Mechanics, McGraw-Hill.

TEMA 2

Un carico è azionato da un motore asincrono trifase a 6 poli attraverso un riduttore a due stadi composto da ruote dentate cilindriche a denti dritti; lo schema del sistema è riportato in figura 1. La velocità di funzionamento richiesta all'utilizzatore è di circa 160 giri/min, mentre la coppia assorbita, indipendente dal numero di giri, è di 1200 Nm.

Formulando le dovute ipotesi per la definizione di eventuali dati mancanti, il candidato sviluppi i punti seguenti:

- Scegliere il motore più idoneo tra quelli riportati nell'allegato 1.
- Determinare il rapporto di trasmissione del riduttore e dimensionare le coppie di ingranaggi (moduli e numero di denti delle coppie di ruote 1-2 e 3-4)
- Tracciare il diagramma delle azioni interne sull'albero intermedio (A).
- Dimensionare l'albero intermedio e scegliere i cuscinetti per una durata minima di 10000 h
- Eseguire un disegno costruttivo dell'albero intermedio (A).

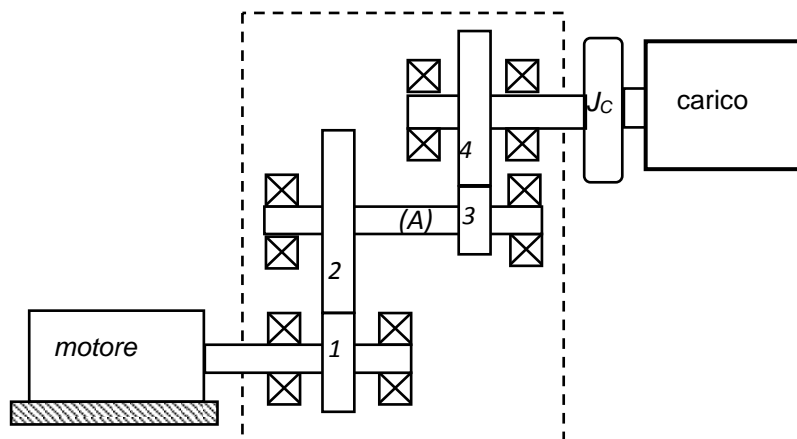


Figura 1: Schema del sistema. L'albero intermedio è indicato con (A). Con 1, 2, 3 e 4 sono indicate le ruote dentate.

Per variare la velocità di funzionamento del carico si decide di pilotare il motore asincrono con un inverter. Il campo di funzionamento continuativo del motore azionato dall'inverter è fornito dal costruttore ed è riportato in figura 2.

Il candidato determini:

- La minima e massima velocità di funzionamento continuativa del carico, si assume che la coppia richiesta dal carico sia di 1200 Nm e non vari con la velocità di funzionamento.
- Il tempo necessario per passare dalla velocità minima a quella massima assumendo che nella fase di transitorio il motore eroghi una coppia uguale a 1.2 la sua coppia nominale. Per svolgere questo punto il candidato stimi l'inerzia della trasmissione e assuma l'inerzia del carico uguale a 10 kgm² (l'inerzia del motore è riportata nel catalogo).

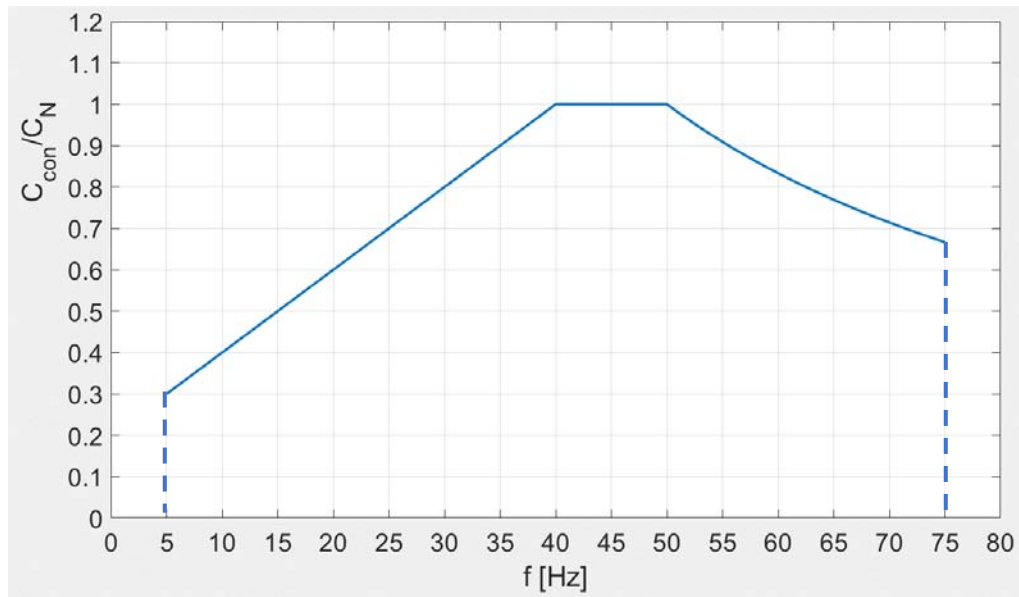


Figura 2: Campo di funzionamento continuativo del motore pilotato da inverter. In ascisse la frequenza di alimentazione, in ordinata il rapporto tra la coppia continuativa erogabile e la coppia nominale. La frequenza può essere variata tra un minimo di 5 Hz ed un massimo di 75Hz

Allegato 1. Motori asincroni a 6 poli (estratto da catalogo)

POTENZA NOMINALE RATED OUTPUT	TIPO MOTORE MOTOR TYPE	VELOCITA' SPEED	CARATTERISTICHE A POTENZA NOMINALE PERFORMANCE AT RATED OUTPUT				FATTORE DI POTENZA POWER FACTOR	RENDIMENTO EFFICIENCY	PER AVVIAMENTO DIRETTO FOR D.O.L. STARTING	COPPIA MASSIMA BREAKDOWN TORQUE	RUMOROSITA' SOUND PRESSURE LEVEL	MOMENTO D'INERZIA MOMENT OF INERTIA	PESO WEIGHT IM 1001 (IM B3)	
			COPPIA TORQUE	CORRENTE CURRENT (400 V)	RENDIMENTO EFFICIENCY									
					CLASSE CLASS	η eff %								
kW		rpm min ⁻¹	T _n Nm	I _n A			cosφ -	η %	I _s /I _n p.u.	T _s /T _n p.u.	T _{max} /T _n p.u.	L _{pA} dB(A)	J kgm ²	Approx. kg

1000 min⁻¹ = 6 poles - 50 Hz

0,09	MA 63 a6 •	830	1,03	0,49	n.c.	43,0	0,62	39,0	2	2,3	2,0	50	0,00025	3,6
0,12	63 b6 •	860	1,33	0,59	n.c.	46,8	0,63	42,7	2,1	2,5	2,2	50	0,00030	3,9
0,18	71 a6	850	2,0	0,70	n.c.	54,4	0,68	51,0	2,4	2,0	2,0	52	0,0005	5,8
0,25	71 b6	850	2,8	1,00	n.c.	56,3	0,64	52,8	2,4	2,1	2,0	52	0,0006	6,3
0,37	80 a6	930	3,8	1,2	n.c.	65,8	0,70	63,0	3,6	2,1	2,2	53	0,0024	8,8
0,55	80 b6	930	5,6	1,7	n.c.	68,7	0,68	66,2	3,7	2,5	2,4	53	0,0027	10,3
0,75	90 S6	930	7,7	2,1	n.c.	71,5	0,73	70,4	3,6	2,2	2,1	56	0,0037	13,4
1,1	90 L6	930	11,3	3,0	n.c.	75,3	0,71	73,6	4,8	2,6	2,5	56	0,0050	17,5
1,5	100 La6	940	15,2	3,8	n.c.	75,3	0,75	73,6	5	2,3	2,2	58	0,010	21,2
2,2	112 M6	940	22	5,4	n.c.	78,2	0,75	76,9	5,2	2,3	2,2	58	0,015	28,8
3	132 Sa6	950	30	7,1	n.c.	80,1	0,76	78,7	5,5	2,1	2,1	60	0,03	39
4	132 Ma6	950	40	9,1	n.c.	81,0	0,78	80,6	5,7	2,4	2,4	60	0,038	48,0
5,5	132 Mb6	960	55	13,3	n.c.	82,0	0,73	81,5	6,1	2,6	2,6	60	0,046	58,0
7,5	A4C 160 M6	965	74	15,5	n.c.	85,4	0,82	86,1	5	2,0	2,3	62	0,087	67
11	160 L6	970	108	22,0	n.c.	88,2	0,82	88,4	5,5	2,3	2,5	62	0,110	86
15	180 L6	970	148	30	n.c.	88,4	0,82	88,9	5,2	2,3	2,2	63	0,13	110
18,5	200 La6	970	182	36	n.c.	88,7	0,84	89,4	5,2	2,1	2,3	63	0,17	125
22	200 Lb6	970	216	41	n.c.	89,4	0,86	89,8	5,6	2,4	2,4	63	0,22	145
30	225 M6	975	294	59	n.c.	91,5	0,81	91,7	6,3	2,4	2,4	66	0,47	216
37	250 M6	975	362	72	n.c.	90,3	0,82	91,2	6,5	2,6	2,6	66	0,57	258
45	280 S6	980	438	84	n.c.	92,1	0,84	92,4	6,0	2,4	2,3	72	0,85	314
55	280 M6	980	535	102	n.c.	92,8	0,84	93,2	6,0	2,5	2,6	72	1,07	353
75	315 S6	980	730	137	n.c.	92,9	0,85	93,2	6,0	2,3	2,3	72	1,45	426
90	B4C 315 Ma6	985	872	163	n.c.	93,8	0,85	94,1	6,0	2,5	2,5	74	2,6	707
110	315 Mb6 •	985	1065	199	n.c.	93,8	0,85	93,9	6,0	2,4	2,4	74	3,0	758
132	315 Mc6 •	985	1278	238	n.c.	94,3	0,85	94,3	6,3	2,5	2,5	74	3,6	848
160	315 Md6 •	985	1550	284	n.c.	94,8	0,86	94,8	6,3	2,5	2,5	74	4,4	953
200	B5C 355 La6 •	990	1927	357	n.c.	95,3	0,85	95,3	6	2,1	2,1	75	10,5	1660
250	355 Lb6 •	990	2409	445	n.c.	95,5	0,85	95,4	6	2,1	2,1	75	13,1	1890
315	355 Lc6 •	990	3035	553	n.c.	95,7	0,86	95,6	6,3	2,3	2,3	75	17,0	2315
355	355 Ld6 •	990	3421	614	n.c.	96,0	0,87	96,0	6,5	2,3	2,4	75	18,6	2390
400	B5C 400 La6 •	992	3847	719	n.c.	96,0	0,84	96,0	6,9	1,5	2,5	76	17,5	2680
450	400 Lb6 •	992	4328	795	n.c.	96,2	0,85	96,1	7,2	1,6	2,5	76	19,5	2850
500	400 Lc6 •	993	4804	890	n.c.	96,3	0,84	96,2	7,7	1,7	2,6	76	22,0	3070
560	400 Ld6 •	994	5375	966	n.c.	96,3	0,87	96,3	6,9	1,4	2,6	76	30,0	3200

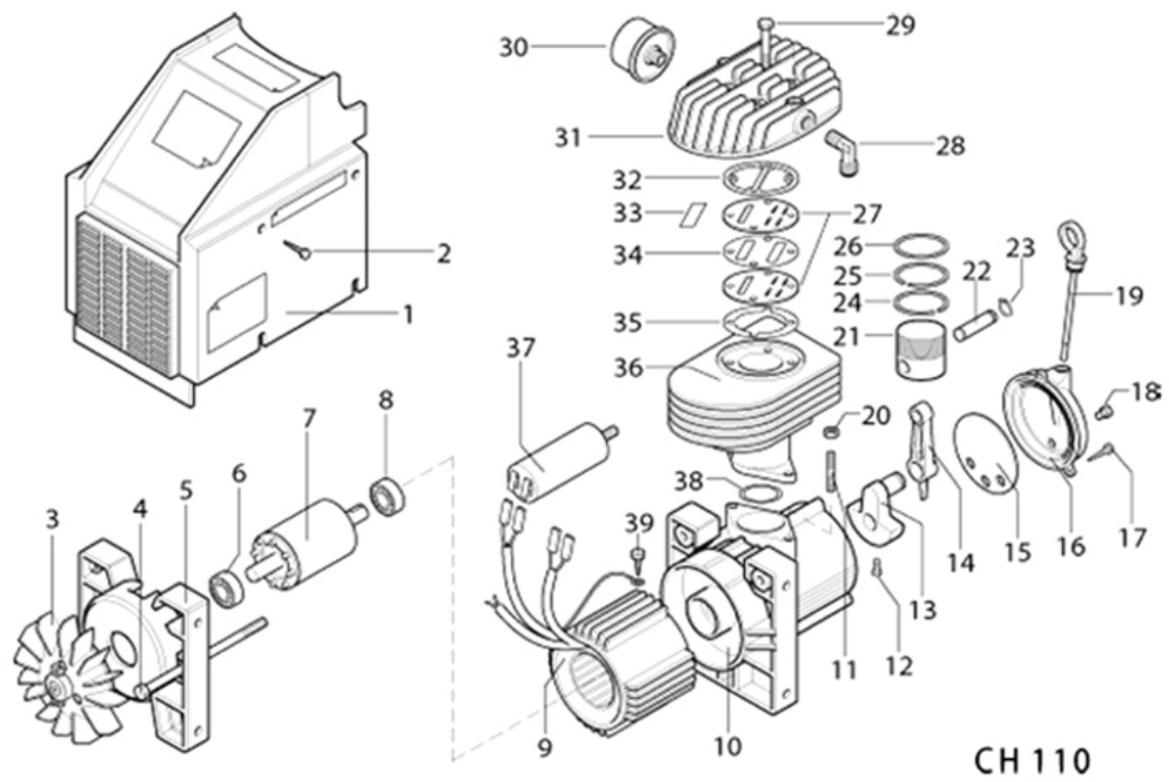
TEMA 3

Al candidato è richiesto di dimensionare un impianto di montaggio manuale per gruppi compressori coassiali monocilindrici. In particolare, il candidato, sulla base delle informazioni riportate nel seguito e delle proprie conoscenze dovrà stabilire:

1. Il numero di postazioni da installare nel reparto.
2. Il tipo di operatori da utilizzare selezionando tra quelli già disponibili in azienda, nuovo personale o un mix dei due. In particolare, è richiesto di valutare se sia opportuno erogare un corso di formazione “ad hoc” per migliorare le performance produttive del personale.
3. Il layout di ciascuna postazione, indicando gli ingombri (sia in pianta che sulla verticale) dell’area di lavoro e delle aree dedicate al posizionamento dei materiali e delle attrezzature. La configurazione di ciascuna postazione dovrà essere tale da favorire un’ergonomia ottimale, nonché semplificare le operazioni di carico e scarico dei materiali da parte dell’operatore dedicato all’asservimento delle postazioni di montaggio.
4. Le caratteristiche delle unità di carico necessarie alla movimentazione dei componenti, della minuteria e dei gruppi compressori finiti e la tipologia di imballaggio più adatta alla manipolazione dei materiali, così da evitare collisioni e danneggiamenti agli stessi.
5. Il layout di reparto con le relative postazioni di lavoro, i corridoi per la movimentazione di persone, mezzi e materiali, le aree per attività ausiliarie (quali aree per riunioni, area relax, area dedicata al posizionamento di scarti e rifiuti ecc.) e per la sicurezza gestione dei servizi di fabbrica (estintori, punti di presa elettrica e aria compressa, gru, paranchi e mezzi di sollevamento se necessari, ecc). Il layout dovrà essere pensato per garantire flussi tesi e non intrecciati, favorendo allo stesso tempo un buon livello di flessibilità produttiva.
6. Il dimensionamento di massima della scaffalatura supermarket da dove l’operatore dedicato all’asservimento delle postazioni preleva i materiali in input (componenti meccanici, elettrici e minuteria) e dell’area di stoccaggio del prodotto finito, ovvero della zona dove l’operatore dedicato all’asservimento delle postazioni consegna i compressori montati prima che questi vengano trasferiti a magazzino.
7. Il numero di operatori richiesti per l’asservimento delle postazioni di lavoro, il numero di carrelli e di ceste da utilizzare per il trasporto dei materiali, le caratteristiche del trenino logistico dedicato all’asservimento delle postazioni (motrice, numero di carrelli, percorsi, viaggi per turno, ecc).

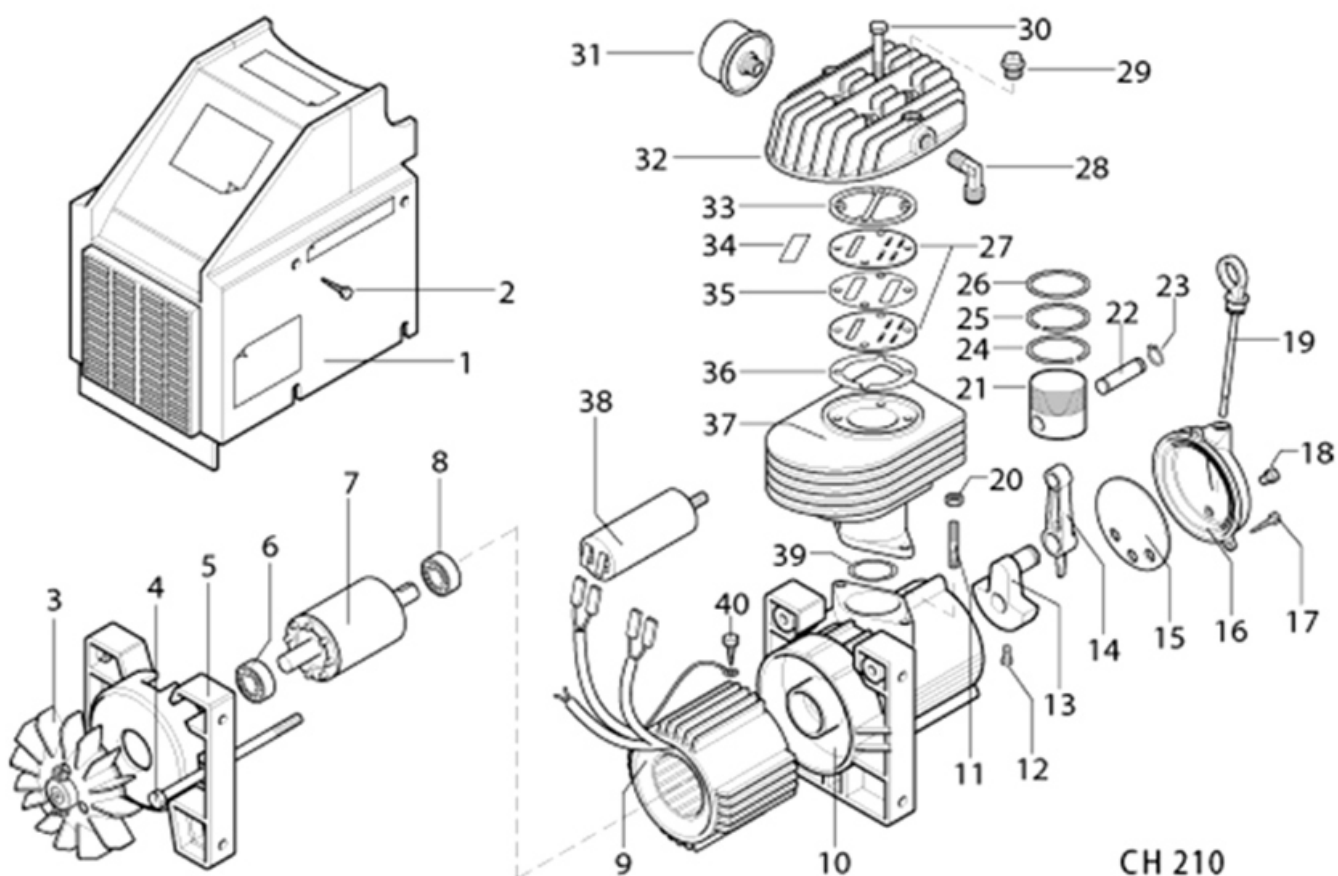
Distinta base e informazioni generali del prodotto

La dimensione di ogni gruppo compressore coassiale monocilindrico serie CH è di 360mm (L) x 200mm (B)x 300mm (H). L’esploso di ciascun codice montato e le informazioni generali sono riportate in Figura 1.a, 1.b e 1.c.



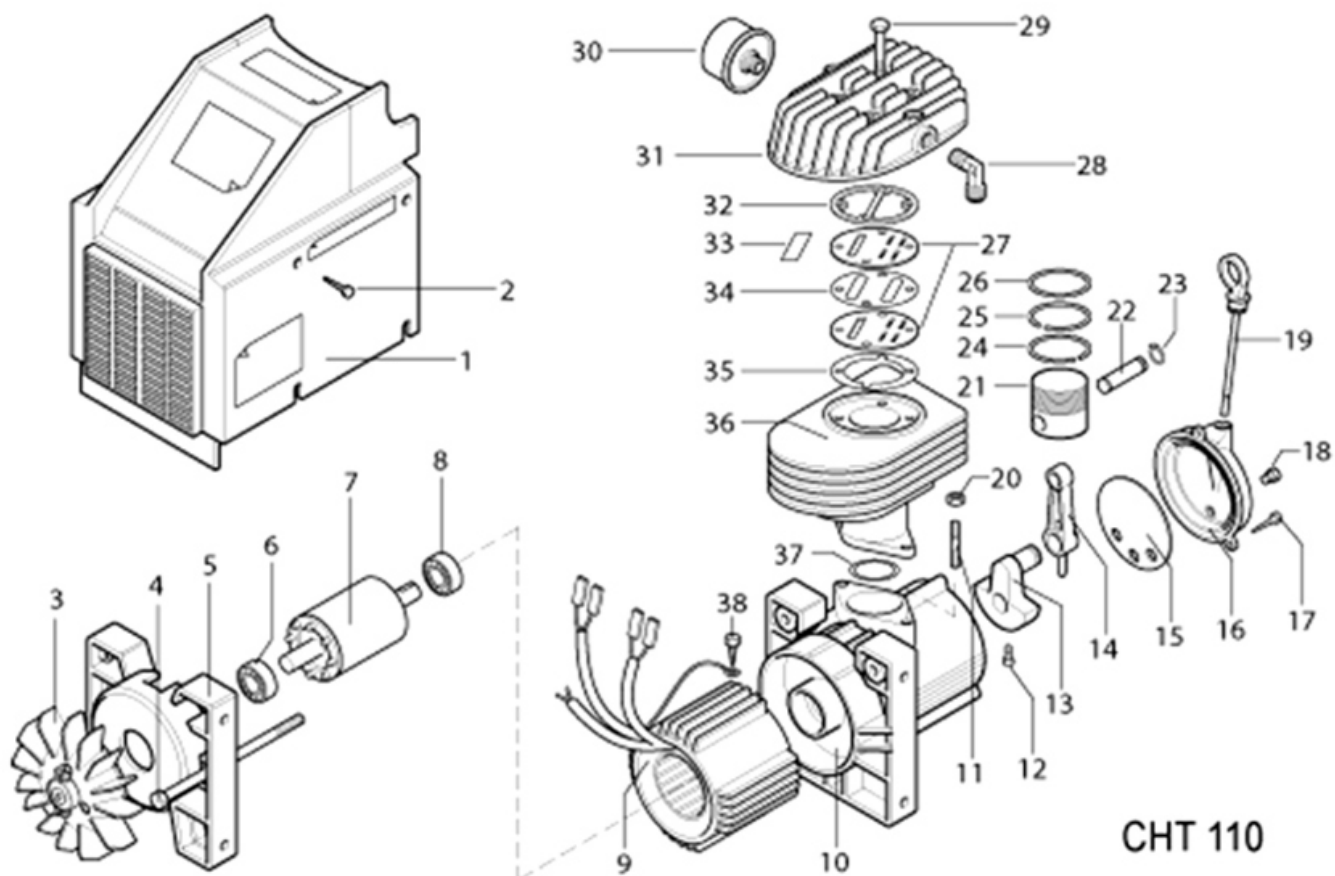
Modello	Ampere a pieno carico (A)	R.p.m. (giri/min)	Aria aspirata	Tipo compressore	Potenza		Volt
					kW	Hp	
Gruppo monoblocco CH.110	4,70 A	1400 giri/min	115 litri/min	82,5 CC	0,75	1,00	1x230

Figura 1.a – Esploso del gruppo compressore coassiale monocilindrico modello CH 110 (fonte Airmec)



Modello	Ampere a pieno carico (A)	R.p.m. (giri/min)	Aria aspirata	Tipo compressore	Potenza		Volt
					kW	Hp	
Gruppo monoblocco CH.210	8,20 A	2800 giri/min	220 litri/min	82,5 CC	1,50	2,00	1x230

Figura 1.b – Esploso del gruppo compressore coassiale monocilindrico modello CH 210 (fonte Airmec)



Modello	Ampere a pieno carico (A)	R.p.m. (giri/min)	Aria aspirata	Tipo compressore	Potenza		Volt
					kW	Hp	
Gruppo monoblocco CHT 110	1,50 A	1400 giri/min'	115 litri/min	82,5 CC	0,75	1,00	3x400

Figura 1.c – Esploso del gruppo compressore coassiale monocilindrico modello CHT 110 (fonte Airmec)

Caratteristiche della domanda e della capacità produttiva

Il reparto di montaggio deve essere in grado di soddisfare una domanda annuale uniforme pari a:

- 10.000 gruppi compressori/anno modello CH.110
- 9.000 gruppi compressori/anno modello CH.210
- 13.000 gruppi compressori/anno modello CHT.110

Ogni postazione lavora per lotti di 100 unità indipendentemente dal codice lavorato. Al termine di un lotto si suppone un'attività di riattrezzaggio della postazione per poi passare a una lavorazione diversa. I tempi totali medi di montaggio stimati sulla base delle performance del personale che opera attualmente in reparto (pari a 8 persone ciascuna con un costo annuale pari a €uro 40.000) per i diversi prodotti sono riportati in Tabella 1. Nella stessa tabella vengono riportati anche i tempi di riattrezzaggio (setup) per lotto di produzione. Tali tempi non cambiano a seconda della sequenza produttiva.

Gruppo compressore	Tempo medio totale di montaggio (ore/pezzo)	Tempo medio di setup (ore/lotto)
CH 110	2,40	3,00
CH 210	1,80	2,00
CHT 110	3,00	1,50

Tabella 1 – Tempi richiesti per le operazioni di montaggio

Facendo riferimento al solo tempo di montaggio, qualora si facesse uso di altro personale (ciascuna con un costo annuale pari a €uro 30.000), il tempo richiesto per l'esecuzione delle relative operazioni sarebbe leggermente superiore, in quanto dovrebbe considerare il tempo necessario all'apprendimento della nuova mansione. Per tale valutazione si suppone di utilizzare una curva di apprendimento caratterizzata da una distribuzione come quella riportata in Formula 1.

$$Y_i = Y_1 * i^b$$

$$b = \log t / \log 2$$

$$\text{tasso di apprendimento (t)} = 85\%$$

Formula 1 – Andamento della curva di apprendimento per le operazioni di montaggio

Nel rispetto di quanto indicato nella formula che esprime l'andamento della curva di apprendimento, si ipotizza che il tempo di montaggio richiesto dal personale disponibile in reparto (valore già indicato in Tabella 1) corrisponda al tempo necessario al montaggio del 15.000-esimo pezzo. Viceversa il tempo di montaggio richiesto in caso di utilizzo di altro personale, corrisponde al tempo necessario al montaggio del 3.000-esimo pezzo.

Sarebbe anche possibile svolgere un corso di aggiornamento al costo di 1.500 €uro per operatore, così da migliorare le prestazioni produttive del personale. In tal caso, il tempo di montaggio richiesto dal personale già disponibile in reparto corrisponderebbe al tempo necessario al montaggio del 20.000-esimo pezzo, mentre nel caso di utilizzo di altro personale, questo corrisponderebbe al tempo necessario al montaggio del 12.000-esimo pezzo.

Sempre con riferimento ai tempi di montaggio si prevede di adottare una saturazione massima dell'operatore (C_u) pari al 90%, mentre il coefficiente di imprevisti del personale (C_{ip}) è stimato in un valore compreso tra l'85% e il 95%. Inoltre è noto che la produzione di reparto (aperto tutto l'anno dal lunedì al venerdì e fermo per 20 giorni per festività e chiusure programmate) è gestita su 2 turni giornalieri di 7,5 ore ciascuno. Si prevedono per ogni turno: 10 minuti per pause programmate, 5 minuti per la pulizia del banco di lavoro e 5 minuti per svolgere la riunione nell'area dedicata (Oobeya room), che deve essere opportunamente configurata e posizionata nel reparto.

Caratteristiche generali dell'impianto

L'area a disposizione è quella di un capannone vuoto utilizzabile in parte o in toto. L'impianto (riportato in Figura 2) è collocato a breve distanza dall'autostrada. Si trova su un'area di circa 5000m², di cui 2.983 coperti (2.700m² al piano terra e 283m² all'impalcato), con un'altezza di 9,50 metri, con ampie finestre nella parte superiore delle pareti che danno un'ottima illuminazione. Le pareti sono a taglio termico struttura REI 120. Il capannone, a campata singola nella zona produttiva (2.477m²), al piano terra oltre di un'ampia area show-room, un bagno per visitatori e l'abitazione del custode (70m²). L'ingresso al magazzino è di circa 10 metri di apertura, con cancello a scorrimento automatico. L'interno ha 3 portoni di uscita 5m x 4m, una ribalta con pedana mobile, un carroponete di sollevamento con portata di 5 tonnellate, 2 bagni e spogliatoi, un impianto di illuminazione già predisposto per le operazioni previste. Esternamente è posizionata una cabina elettrica di 300 KW di potenza, di proprietà.

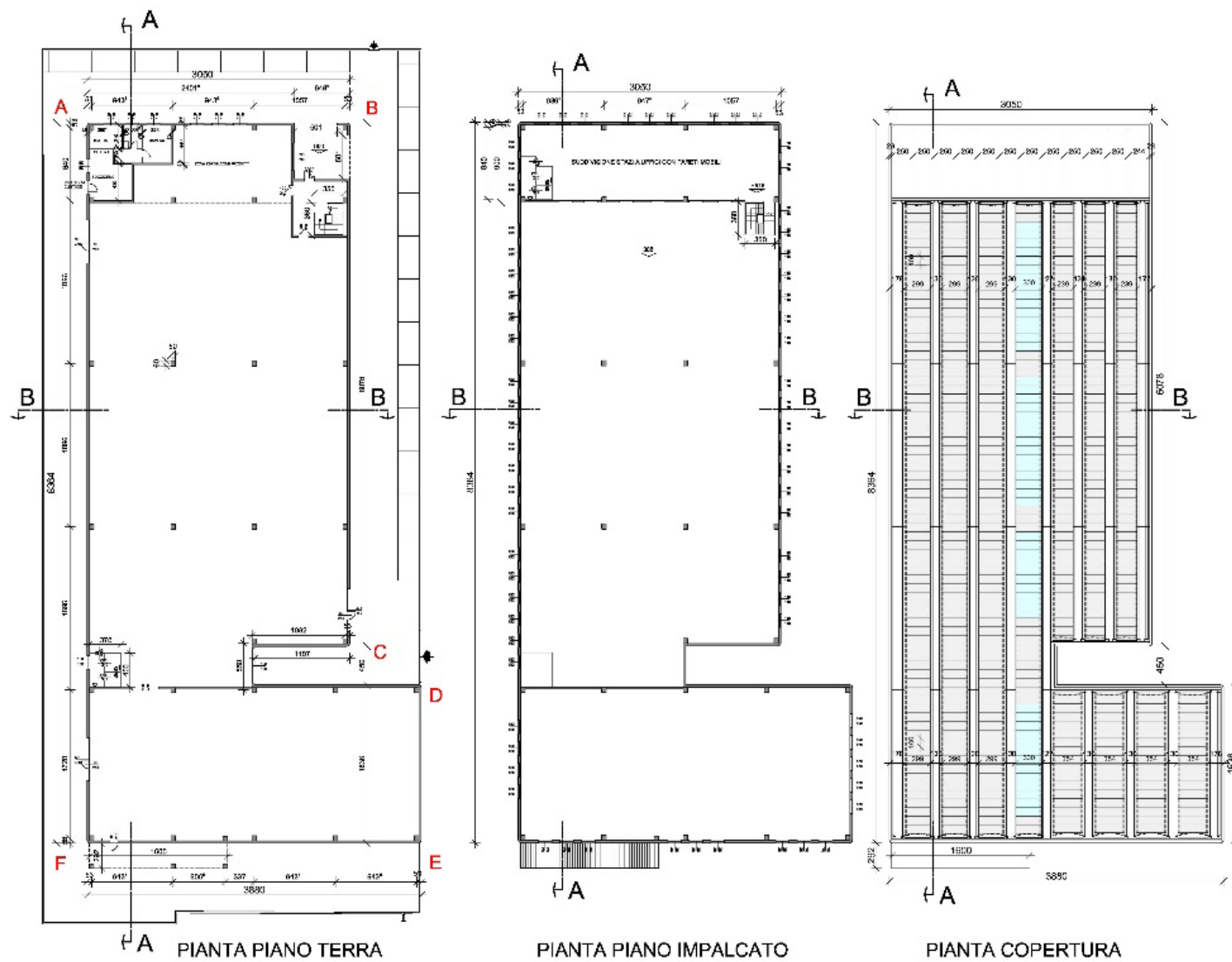


Figura 2 – Layout d’impianto

Ingombri e gestione del materiale

Un banco di montaggio attrezzato occupa in media 0,9m x 2m (1,8m²). Attorno al banco di montaggio si trova l'area per la movimentazione dell'operatore (da dimensionare sulla base delle mansioni svolte), la zona per l'attrezzatura (generalmente una cassettiera), l'area per lo stoccaggio del materiale in input (componenti meccanici ed elettrici e minuteria) e per il gruppo compressore montato. Quest'ultimo, una volta completato, è stato deciso di movimentarlo in ceste su ruote da 120cm complessivi di altezza e ingombro (in pianta) corrispondente a un europallet. Per garantire la qualità del prodotto finito le ceste possono contenere fino a un massimo di 4 gruppi previo l'uso di un opportuno imballaggio. Le ceste sono inoltre dotate di gancio per essere collegate a un treno logistico gestito da parte dell'operatore dedicato all'asservimento delle postazioni.

Il materiale in ingresso è invece gestito completamente con cassette Odette movimentate con logica kanban e caricabili su carrelli agganciabili al trenino logistico di dimensione omogenea alle ceste per il trasferimento degli assiemi finiti. Le cassette Odette devono garantire un'autonomia produttiva di almeno 4 ore per la componentistica meccanica e elettrica. Viceversa la minuteria può essere gestita con logica "a riempimento". I formati suggeriti sono forniti in Figura 3.a, 3.b e 3.c.

Le scaffalature di postazione e di supermarket per le cassette Odette possono avere qualunque formato (per lunghezza, larghezza e altezza) a seconda delle esigenze produttive in quanto il fornitore è in grado di produrre scaffalature completamente customizzate.

Tempi e velocità stimati per le operazioni di carico-scarico sono riportate in Tabella 2.

Tempo fisso (carico-scarico) prodotto finito	40 secondi
Tempo fisso (carico-scarico) cassetta\	20 secondi
Velocità di traslazione orizzontale del trenino	1,2 m/s e comunque in linea con i parametri stabiliti dalla normativa vigente
Coefficiente di sicurezza	1,10

Tabella 2 – Tempi e velocità per le operazioni di carico- scarico

Eventuali informazioni non presenti devono essere ipotizzati dal candidato.



Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
<u>FPC235100</u>	CASSETTA IN POLIPROPILENE SERIE KLT - DIM. MM L=300 P=200 A=148 Colore RAL 5005	300x200x148



Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
<u>FPC425100</u>	CASSETTA IN POLIPROPILENE SERIE KLT CON FONDO FORATO - DIM. MM L=400 P=300 A=148 Colore RAL 5005	400x300x148



Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
<u>FPC505100</u>	CASSETTA IN POLIPROPILENE SERIE KLT CON FONDO FORATO - DIM. MM L=400 P=300 A=280 Colore RAL 5005	400x300x280



Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
<u>FPC665100</u>	CASSETTA IN POLIPROPILENE SERIE KLT CON FONDO FORATO - DIM. MM L=600 P=400 A=148 Colore RAL 5005	600x400x148

Figura 3.a – Tipologie di cassette Odette





	Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
	<u>FPC725100</u>	CASSETTA IN POLIPROPILENE SERIE KLT CON FONDO FORATO - DIM. MM L=600 P=400 A=280 Colore RAL 5005	600x400x280
	Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
	<u>FPC245100</u>	CASSETTA IN POLIPROPILENE SERIE ODETTE 4950 - DIM. MM L=300 P=200 A=147,5	300x200x147,5
	Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
	<u>FPC485100</u>	CASSETTA IN POLIPROPILENE SERIE ODETTE 4930 - DIM. MM L=400 P=300 A=220	400x300x220
	Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
	<u>FPC065100</u>	COPERCHIO IN POLIPROPILENE PER CASSETTE SERIE ODETTE - DIM. MM L=400 P=300	400x300x0

Figura 3.b – Tipologie di cassette Odette



Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
<u>FPC685100</u>	CASSETTA IN POLIPROPILENE SERIE ODETTE 4910 - DIM. MM L=600 P=400 A=220	600x400x220



Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
<u>FPC765100</u>	CASSETTA IN POLIPROPILENE SERIE ODETTE 4900 - DIM. MM L=600 P=400 A=320	600x400x320



Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
<u>FPC095100</u>	COPERCHIO IN POLIPROPILENE PER CASSETTE SERIE ODETTE - DIM. MM L=600 P=400	600x400x0



Codice	Descrizione	Dimensioni LxPxA(mm)
<u>FPC965100</u>	CASSETTA IN POLIPROPILENE SERIE ODETTE - DIM. MM L=1000 P=400 A=232	1000x400x232

Figura 3.c – Tipologie di cassette Odette

TEMA 4

L'ing. Mario Martello, dopo aver lavorato 5 anni in una grande società produttrice di elettrodomestici industriali decide di mettersi in proprio. L'idea di Martello riguarda la produzione di una particolare tipologia di lavatrici industriali a pallet ruotante utilizzate per la pulizia di pezzi meccanici e piccoli elementi plastici. Tali lavatrici sono caratterizzate dalla presenza di un cesto portapezzi ruotante attorno al proprio asse orizzontale in modo da facilitare l'esposizione ai getti e il deflusso dell'acqua.

Secondo l'ingegnere questa lavatrice è adatta al lavaggio di pezzi non troppo grandi con numerose cavità. Il cesto contenente i pezzi da pulire è un parallelepipedo con larghezza 500 mm, lunghezza 700 mm e altezza 500 mm e una portata utile di 300 kg.

Oltre a questo modello standard, allo scopo di differenziare il proprio prodotto da quello degli altri concorrenti, Martello ha pensato di produrre una versione della lavatrice chiamata ad "alta turbolenza" (di seguito chiamata "modello speciale"). Tale lavatrice, creata allo scopo di lavare pezzi con conformazioni particolarmente difficili, con corpi cavi o fori ciechi, differisce dal modello standard principalmente per la tipologia di lavaggio utilizzata: si passa infatti dal classico lavaggio a spruzzo al lavaggio ad alta turbolenza dove il fluido viene immesso ad una velocità maggiore e dove i numerosi getti si incrociano tra di loro creando un moto altamente turbolento. Le dimensioni e la portata del cestello sono identiche a quelle del modello standard.

Data la sua profonda conoscenza del settore, Martello ritiene che la produzione di alcuni componenti, quali il motore elettrico, l'asse orizzontale, il sistema di carico, il rivestimento esterno, il computer di comando e il cesto interno in acciaio inox, oltre al materiale elettrico e meccanico di consumo, debba essere esternalizzata verso fornitori specializzati. Il costo di mercato di questi componenti, relativo all'anno 2018, è riportato nella tabella 1. All'interno dell'impresa, oltre all'assemblaggio finale, viene realizzata la produzione dell'elemento considerato critico per il successo dell'iniziativa: il sistema di lavaggio (a spruzzi per il modello standard e ad alta turbolenza per il modello speciale) che viene montato sul cesto in acciaio inox opportunamente modificato.

Costi componenti iniziali	euro

Motore elettrico	260
Asse orizzontale	85
Sistema di carico	160
Rivestimento esterno	180
Computer di comando	250
Cesto in acciaio INOX	300

Tabella 1. Costo unitario previsto per il 2018 dei componenti iniziali (in euro).

Il processo produttivo è composto da 4 fasi di lavorazione: la predisposizione del cesto (fase 1), la produzione del sistema di lavaggio (fase 2), il montaggio del sistema di lavaggio sul cesto (fase 3); l'assemblaggio delle altre parti della lavatrice e il collaudo (fase 4); le prime due fasi vengono svolte in parallelo, come mostrato nella figura 1.

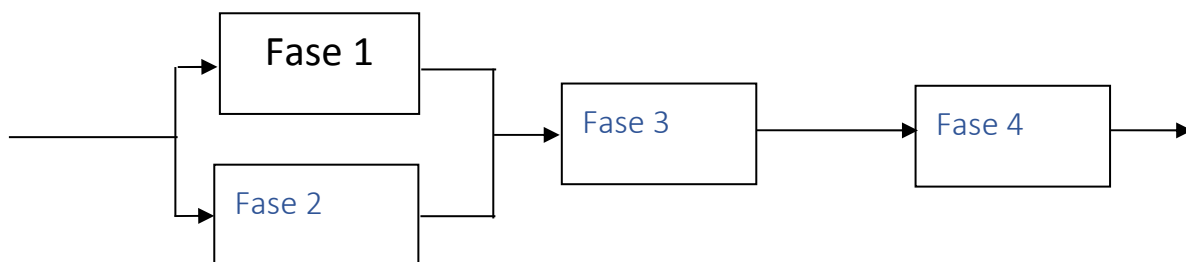


Figura 1. Composizione del processo produttivo.

Per la predisposizione del cesto (fase 1) sono necessari 10 grandi centri a controllo numerico con un costo unitario di 0,28 M di euro, 10 persone addette alla gestione dei centri e al completamento di alcune lavorazioni manuali sul cesto, con un costo annuo unitario di 30.000 euro, e alcuni strumenti di lavorazioni non inventariabili (trapani, avvitatori automatici, etc.) con un costo di acquisto pari a 15.000 euro (una tantum). Il costo di acquisto del singolo cesto in acciaio inox (non ancora lavorato) è di 300 euro sia per il modello standard sia per quello speciale.

Per la produzione del sistema di lavaggio sono necessari 9 tecnici e 2 ingegneri elettronici: i tecnici hanno un costo annuo unitario di 30.000 euro mentre gli ingegneri elettronici hanno un costo annuo unitario di 42.000 euro. Il costo di acquisto (una tantum) di alcuni strumenti di lavorazione non inventariabili necessari per questa fase (compreso un piccolo banco prova) è di 45.000 euro. È inoltre necessario l'acquisto di due robot per effettuare microsaldature dal costo unitario di 0,9 M di euro. Il costo di acquisto delle pompe necessarie per la produzione del sistema di lavaggio è di 250 euro per il modello standard e 420 euro per il modello speciale.

Per motivi di bilanciamento del processo produttivo la fase 3 e la fase 4 vengono svolte da un gruppo di 15 tecnici meccanici (costo unitario annuo 32.000 euro) che necessitano di apparecchiature non inventariabili con un costo di acquisto pari a 27.000 euro (una tantum) e di uno strumento necessario per svolgere il collaudo finale, inventariabile, con un costo di acquisto pari a 900.000 euro.

Il tempo di lavorazione necessario per la produzione del modello speciale è il 15% maggiore di quello necessario per la produzione del modello base. Secondo Martello, il tempo ciclo teorico per la produzione di un esemplare del modello standard è un'ora, di cui il 55% del tempo viene assorbito dalle fasi 1 e 2 e il restante dalle fasi 3 e 4. Per evitare l'insorgenza di colli di bottiglia all'interno del processo produttivo, 2 tecnici normalmente addetti alle fasi 3 e 4, possono temporaneamente supportare i colleghi impegnati nelle fasi 1 e 2: questa maggiore professionalità viene ricompensata con un aumento del 10% dello stipendio (non compreso nel costo unitario sopra riportato).

Poiché la risorsa critica del processo sono i lavoratori, eventuali esigenze di aumento della capacità produttiva (entro certi limiti) possono essere assorbite da un aumento dell'organico: allo scopo di rendere flessibile l'impiego di mano d'opera aggiuntiva l'impresa si rivolge alla MaxWork Spa, una società che si occupa di selezionare il personale per lavori temporanei.

La manutenzione periodica delle macchine e degli impianti viene svolta una volta al mese (al sabato, per non interferire con il lavoro settimanale) da una ditta specializzata, con un costo pari a 750 euro per intervento.

Per l'amministrazione generale dell'impresa, compresa la gestione degli ordini ai fornitori e la fatturazione ai clienti finali sono necessarie 4 segretarie con un costo annuo unitario di 25.000 euro. Per gestire i rapporti con i clienti sono necessarie altre 2 persone con un costo annuo unitario pari a 32.000 euro.

L'impresa, per svolgere propria l'attività, necessita di un capannone e di un piccolo magazzino entrambi di proprietà dell'ing. Martello, che vengono affittati all'impresa per un canone annuo di 60.000 euro.

Le spese generali di funzionamento (acqua, energia elettrica, gas, materiale di consumo) ammontano a 30.000 euro annui e lo stipendio del direttore e amministratore unico Ing. Martello ammonta a 100.000 euro annui complessivi.

Inoltre, per la redazione del bilancio annuale, si ricorre all'ausilio di una società esterna per un costo complessivo annuo di 55.000 euro.

Dopo aver progettato le caratteristiche del processo produttivo, Martello si rivolge ad una società di marketing e di ricerche di mercato allo scopo di avere una stima del volume di vendita dei due modelli di lavatrice prodotti e dei prezzi che è possibile strappare sul mercato. Le stime del volume di vendita e del prezzo sono effettuate comparando il livello qualitativo e funzionale dei prodotti di Martello con quello dei suoi principali concorrenti. Data la relativa stabilità del settore degli elettrodomestici, è stato possibile avere una stima per 8 anni a partire dal 2019, come mostrato in tabella 2. Questa ricerca è costata 25.000 euro (attribuibile al primo esercizio dell'attività).

Anno	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Volume di vendita del modello standard (numero pezzi)	1.000	1.050	1.100	1.000	1.100	1.150	1.100	1.000
Volume di vendita del modello speciale (numero pezzi)	500	520	480	600	600	650	700	800

Prezzo di vendita del modello standard	3.500	3.550	3.600	3.650	3.700	3.650	3.650	3.700
Prezzo di vendita del modello speciale	4.150	4.200	4.250	4.300	4.350	4.400	4.350	4.400

Tabella 2. Volumi di vendita e prezzi unitari (in euro) per i 2 modelli di lavatrice, dal 2009 al 2026.

Viste le condizioni generali del settore degli elettrodomestici, il costo opportunità del capitale per gli azionisti dell'impresa potrebbe essere fissato al 8%.

Si considerino inoltre le seguenti ipotesi:

- la società inizierà la propria attività a gennaio del 2019;
- aumento annuo del costo del lavoro: 5% per il 2° e il 3° anno attività e poi il 3% annuo;
- aumento annuo del costo delle materie prime dei componenti iniziali: 3%;
- aumento annuo degli altri costi: 3%;
- ammortamento dei macchinari in 10 anni a rate costanti;
- alla fine del 10° anno i macchinari e gli impianti hanno un valore di realizzo nullo;
- il trattamento di fine rapporto annuo è pari al 10% del costo del lavoro;
- le perdite possono essere portate a nuovo al massimo per i 5 esercizi successivi;
- si consideri la presenza di imposte sul reddito delle società con aliquota fiscale pari al 27,5% e come base imponibile l'utile lordo dell'impresa;
- si consideri un'ulteriore imposta con un'aliquota pari al 3,9% che si applica al valore aggiunto prodotto dall'impresa al netto degli ammortamenti e non è deducibile ai fini dell'imposta sull'utile lordo;
- per il 9° e per il 10° anno si stima una crescita dell'utile netto pari al 2,5% annuo;

Il candidato rediga e commenti il conto economico della società per i primi 8 anni di attività, il costo effettivo dei due modelli di lavatrice prodotti e i relativi margini.

Si calcoli inoltre il valore attuale netto dell'investimento nella nascente società.

Il candidato formuli le ipotesi aggiuntive che ritiene necessarie per lo svolgimento della prova.