

	UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE Scuola di Ingegneria	ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE PRIMA SESSIONE 2025 Prima Prova Scritta – Sezione A 25 luglio 2025	A
---	--	--	----------

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore AUTOMAZIONE**

Il candidato illustri la struttura, i principali requisiti e le specifiche rilevanti ai fini del progetto di un sistema di controllo a retroazione. Descriva, inoltre, le principali procedure di sintesi dei sistemi di controllo, confrontandone caratteristiche, vantaggi e limiti.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore BIOMEDICA**

Il candidato descriva un sistema biomedicale terapeutico scelto a piacere, evidenziandone in particolare la funzionalità terapeutica, le variabili misurate, l'architettura del sistema e le sue potenziali applicazioni

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA**

La progettazione elettrica. Leggi e norme di riferimento, metodologie, strumenti e modelli di calcolo, casi esemplificativi.

Il Candidato è libero di effettuare tutte le ipotesi che riterrà necessarie per lo sviluppo dell'elaborato. La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

**SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA**

Il candidato è invitato a sviluppare un tema sul ruolo dei combustibili alternativi nel contesto della transizione energetica. Facendo riferimento a uno (o più) tra biocombustibili, idrogeno, e-fuels o synfuels, si analizzi il loro potenziale contributo alla decarbonizzazione dei settori energetico, industriale e dei trasporti. Dopo averne delineato le caratteristiche generali, si discutano le principali tecnologie di produzione, la compatibilità con le infrastrutture esistenti, i possibili ambiti applicativi e il legame con le fonti rinnovabili. Si affrontino inoltre le

principali sfide di tipo economico e/o normativo. Il candidato è invitato a concludere con una riflessione critica e motivata sul ruolo che questi vettori energetici potranno assumere nel futuro mix energetico.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA

Il candidato descriva una possibile procedura di sviluppo di un progetto a scelta, relativo all'ambito dell'ingegneria o della produzione industriale, evidenziando il ruolo dei moderni strumenti software all'interno della suddetta procedura. Si concluda discutendo l'impatto atteso dell'introduzione dei nuovi strumenti basati sull'Intelligenza Artificiale nel contesto del processo di sviluppo considerato.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore GESTIONALE-PRODUTTIVO

La crescente integrazione delle tecnologie digitali nei sistemi manifatturieri sta trasformando i modelli produttivi, con impatti rilevanti sull'efficienza operativa e sulla sostenibilità ambientale. Il candidato analizzi il ruolo delle tecnologie abilitanti (es. IoT, AI, digital twin) nella gestione dei processi industriali, discuta le opportunità e le criticità legate alla transizione sostenibile e digitale, e rifletta sul contributo dell'ingegnere industriale nella progettazione e gestione di sistemi produttivi intelligenti.

	UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE Scuola di Ingegneria	ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE PRIMA SESSIONE 2025 Seconda Prova Scritta – Sezione A 8 settembre 2025	A
---	---	---	-----------------

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore AUTOMAZIONE

Il candidato discuta il problema della progettazione di controllori digitali, illustrandone i componenti principali, le tecniche di sintesi più comunemente adottate, le implicazioni introdotte dalla discretizzazione e

l'importanza della scelta del tempo di campionamento. L'esposizione potrà essere integrata con esempi applicativi relativi al settore professionale di interesse.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore BIOMEDICA

Il candidato descriva un sistema biomedicale diagnostico scelto a piacere, evidenziandone in particolare la funzionalità diagnostica, le variabili misurate, l'architettura dettagliata del sistema e le sue potenziali applicazioni

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA

Progetto di alimentatori a commutazione.

Il Candidato elenchi, descrivendoli brevemente, i criteri e le modalità per la progettazione degli alimentatori a commutazione. Descriva, inoltre, i principali metodi per il controllo degli stessi.

Il Candidato è libero di effettuare tutte le ipotesi che riterrà necessarie per lo sviluppo dell'elaborato.

La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA

Il candidato è invitato a descrivere i principi fondamentali che guidano la progettazione termo-fluidodinamica di un sistema energetico (tradizionale o basato su fonti rinnovabili), in cui siano presenti macchine a fluido. Dopo aver delineato le caratteristiche generali del sistema scelto (ad esempio impianti a vapore, cicli a gas, motori a combustione interna, turbine eoliche, ecc.), si richiede di:

- descrivere il ruolo delle macchine a fluido all'interno del sistema
- evidenziare i principali criteri progettuali (performance, efficienza, portata, matching tra componenti, ecc.)
- illustrare come il design possa essere supportato da strumenti di calcolo e simulazione (previsione delle prestazioni del sistema, eventuale ottimizzazione, costo computazionale associato)

È possibile concludere con esempi applicativi o considerazioni sulle potenzialità di integrazione con sistemi di accumulo o recupero energetico.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA

Si descriva e si approfondisca l'utilizzo dei processi di ottimizzazione nella progettazione ingegneristica o industriale, portandone esempi applicativi. In particolare, si discutano i principi fondamentali, gli ambiti

applicativi e i benefici attesi, evidenziando il ruolo dei moderni strumenti software all'interno della suddetta procedura.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore GESTIONALE-PRODUTTIVO

Progettazione e gestione di un sistema di logistica interna automatizzata in un impianto manifatturiero

Un'azienda industriale di medie dimensioni, operante nella produzione su commessa di componenti metallici per il settore automotive, intende riorganizzare la propria logistica interna al fine di aumentare l'efficienza operativa, ridurre i tempi di attraversamento e migliorare la tracciabilità dei materiali. L'obiettivo è introdurre un sistema automatizzato per la movimentazione e il controllo dei materiali tra magazzino, reparti produttivi e area spedizioni, integrato con i sistemi informativi aziendali (ERP/MES).

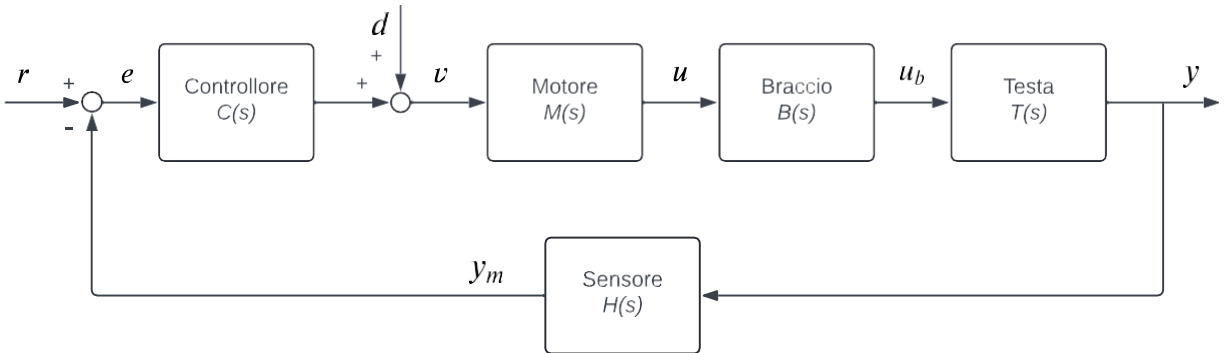
Il candidato sviluppi un progetto tecnico-gestionale che affronti i seguenti punti:

1. Analisi dei requisiti funzionali del sistema di logistica interna in relazione al layout di fabbrica e ai flussi materiali esistenti;
2. Proposta di soluzioni tecnologiche per l'automazione (AGV/AMR, sistemi RFID, magazzini verticali, sensoristica, ecc.) e loro dimensionamento preliminare;
3. Integrazione del sistema fisico con la componente digitale (sistemi informativi, monitoraggio in tempo reale, tracciabilità);
4. Valutazione dei benefici attesi in termini di efficienza, tempi e costi, nonché delle criticità e dei vincoli operativi e organizzativi;
5. Riflessione sul ruolo dell'ingegnere industriale nel coordinamento del progetto e nella gestione del cambiamento.

Il candidato potrà fare riferimento, ove opportuno, a schemi, tabelle, esempi numerici o casi aziendali.

	UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE Scuola di Ingegneria	ESAMI DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE PRIMA SESSIONE 2025 Prova Pratica– Sezione A 15 OTTOBRE 2025	A
---	---	---	--

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore AUTOMAZIONE



Si consideri il modello di un sistema di lettura/scrittura dati per disco rigido (Hard Disk Drive, HDD). In figura è schematizzato il sistema di controllo per il posizionamento della testina di lettura sulla traccia desiderata del disco. Il sistema di lettura HDD utilizza un motore a corrente continua per ruotare un braccio su cui è montata, all'estremità, la testina di lettura, collegata al braccio tramite un elemento flessibile di acciaio.

Il motore e il braccio di lettura sono rispettivamente modellati dalle funzioni di trasferimento $M(s)$, tra la tensione di comando del motore v e la forza u generata dal motore, e $B(s)$, tra u e la forza u_b esercitata dal braccio sull'elemento flessibile della testa. Tali funzioni di trasferimento valgono

$$M(s) = \frac{K_m}{R_a + L_a s} \quad B(s) = \frac{1}{s(J s + b)}$$

dove le costanti K_m , R_a , L_a , J , e b assumono, in appropriate unità di misura, i seguenti valori:

$$K_m = 5000; \quad R_a = 1000; \quad L_a = 1; \quad J = 1; \quad b = 20.$$

La testa di lettura, collegata all'elemento flessibile, è modellata come un sistema massa-molla-smorzatore descritto dalla seguente funzione di trasferimento tra u_b e la posizione sul disco y :

$$T(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\xi\omega_n s + \omega_n^2}$$

con $\xi = 0.3$ e $\omega_n = 18.85 \times 10^3$. Assumendo una misura y_m della posizione della testina di lettura accurata, il sensore è modellato con una funzione di trasferimento $H(s) = 1$.

1. Si progetti la funzione di trasferimento $C(s)$ del controllore in modo che il sistema di controllo sia stabile e soddisfi le seguenti specifiche statiche e dinamiche:

- errore di inseguimento a regime nullo per ingressi costanti ($r(t) = c$, $c \neq 0$);
- errore di inseguimento a regime alla rampa unitaria ($r(t) = t$) non superiore a $e_1 = 0.005$;
- errore a regime prodotto sull'uscita dal disturbo a gradino unitario ($d(t) = 1$) non superiore a $e_d = 0.005$;
- sovraelongazione alla risposta al gradino non superiore a $\bar{S} = 0.15$;
- tempo di salita circa uguale a $T_s = 0.18$.

2. Si progetti il controllore digitale $C(z)$ mediante discretizzazione del controllore analogico $C(s)$ ottenuto al punto precedente, motivando la scelta del tempo di campionamento. In alternativa, si progetti $C(z)$ direttamente a tempo discreto.

SETTORE INDUSTRIALE Sotto-settore BIOMEDICA
--

Con riferimento ad un'applicazione a scelta, appartenente a una delle seguenti macroaree:

- Robotica per assistenza alla persona
- Biofabbricazione di tessuti
- Sistemi ottici per la misura non invasiva di biosegnali

Il candidato descriva, anche mediante schema a blocchi, gli elementi costitutivi del sistema ed il loro funzionamento (ad esempio, componenti hardware, software, aspetti biomeccanici o interfacce utente), ne giustifichi le scelte progettuali ed i dimensionamenti, con particolare riferimento alla scelta dei sensori/attuatori per il controllo del processo.

Il candidato faccia infine riferimento alle specifiche normative per i dispositivi elettromedicali per classificare il sistema scelto mettendo in evidenza le principali limitazioni d'uso con i relativi rischi associati.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ELETTRICA

Il candidato progetti un sistema automatico per il monitoraggio della corrente di alimentazione in un sistema trifase industriale con correnti di valore efficace compreso tra 100 A e 1 kA e che garantisca un'accuratezza al 5%.

Nello sviluppo del progetto si evidenzino i seguenti aspetti:

1. l'architettura proposta;
2. l'eventuale elaborazione delle informazioni acquisite;
3. le prestazioni in termini di risoluzione e accuratezza ottenibili;
4. le cause di incertezza presenti;
5. i vantaggi della soluzione proposta rispetto ad altre possibili.

Il Candidato è libero di effettuare tutte le ipotesi che riterrà necessarie per lo sviluppo dell'elaborato.

La capacità di sintesi, l'ordine e la chiarezza espositiva costituiranno elementi di valutazione.

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore ENERGETICA

Un sito industriale necessita di energia elettrica e olio diatermico ad alta temperatura per il processo produttivo. A tale scopo si decide di installare un turbogas cogenerativo, alimentato a metano, per l'auto-produzione di energia elettrica ed uno scambiatore di calore a tubi e mantello per il recupero del calore sensibile allo scarico al fine di riscaldare l'olio.

La potenza elettrica da installare (W_{EL}) risulta pari a 6 MW.

Decidendo di adottare un rapporto di compressione (β) pari a 25, ipotizzare un valore ragionevole per il rendimento isentropico del compressore (η_c), e calcolare di conseguenza il rendimento isentropico richiesto alla turbina (η_T) considerando di imporre un target al rendimento termodinamico di ciclo pari al 40%.

Considerare i seguenti vincoli operativi:

- $\eta_{EL} = 0.95$ - rendimento dell'alternatore
- $\eta_M = 0.92$ - rendimento meccanico
- $\eta_{CC} = 0.98$ - rendimento della camera di combustione
- $\Delta p_{OUT} = 0.05 \text{ bar}$ - perdite di carico allo scarico della turbina
- $TIT = 1300^\circ\text{C}$ - temperatura ammissibile in ingresso alla turbina (T_3)

Considerare i seguenti dati per aria/fumi:

- $T_{AMB} = 300 \text{ K}$ - temperatura ambiente
- $R = 287.1 \text{ J/(kg K)}$ - costante del gas aria/fumi
- $c_p = 1005 \text{ J/(kg K)}$ - calore specifico aria/fumi a temperatura ambiente
- $c_p = 1120 \text{ J/(kg K)}$ - calore specifico aria/fumi a temperatura sia di fine compressione che di scarico
- $c_p = 1310 \text{ J/(kg K)}$ - calore specifico aria/fumi a temperatura di ingresso turbina

Considerare i seguenti dati per il metano:

- $\alpha_{ST} = 17.2$ - dosatura stechiometrica
- $LHV = 50 \text{ MJ/kg}$ - potere calorifico inferiore

1

1) Riportare nella seguente tabella i risultati dei calcoli:

η_c	-		Rendimento isentropico compressore (ipotizzato)
m_c	kg/s		Portata di combustibile
m_a	kg/s		Portata di aria
α	-		Dosatura
W_c	MW		Potenza assorbita dal compressore
W_T	MW		Potenza erogata dalla turbina
T_2	K		Temperatura in uscita compressore
T_4	K		Temperatura dei fumi di scarico
η_T	-		Rendimento isentropico turbina

La portata di fumi allo scarico alla temperatura T_4 viene sfruttata per il riscaldamento dell'olio diatermico, che deve essere portato da una temperatura di partenza di 50°C fino ad una temperatura di 250°C. La temperatura dei fumi freddi non può scendere al di sotto di 200°C. Calcolare la portata di olio che è possibile scaldare.

Ipotizzare un valore ragionevole per l'efficienza dello scambiatore in controcorrente (η_{sc}) e considerare:

- $c_p = 1920 \text{ J/(kg K)}$ - calore specifico olio diatermico

2) Riportare nella seguente tabella i risultati dei calcoli:

η_{sc}	-		Rendimento scambiatore (ipotizzato)
m_o	kg/s		Portata olio diatermico
Q_o	MW		Potenza termica recuperata
ΔT_{ML}	K		Differenza di temperatura media logaritmica tra i due fluidi

Procedere quindi con il dimensionamento di massima dello scambiatore di calore. Considerare uno scambiatore a fascio tubiero, in cui i fumi vengono fatti passare attraverso i tubi, mentre l'olio diatermico nel mantello. Se si sceglie di adottare uno scambiatore avente tubi con le seguenti caratteristiche geometriche:

- $D = 50 \text{ mm}$ - diametro tubo
- $L = 6.2 \text{ m}$ - lunghezza tubo

Calcolare il numero totale di tubi (N) necessario affinché sia garantito il trasferimento della potenza termica (Q_T) desiderata, utilizzando le seguenti ipotesi:

- Si considera solo lo scambio termico convettivo lato tubi (fumi di scarico) in quanto le resistenze termiche delle pareti dei tubi e dell'olio diatermico sono trascurabili
- Per il calcolo del coefficiente di scambio termico convettivo (HTC) lato tubi si utilizza la seguente correlazione empirica semplice per tubi lisci

$$Nu = 0.023Re^{0.8}Pr^{0.4}$$

Al fine del calcolo dei numeri adimensionali, considerare:

- $\lambda = 0.044 \text{ W/(m K)}$ - conducibilità fumi
- $\mu = 2.8 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$ - viscosità dinamica fumi

3) Riportare nella seguente tabella i risultati dei calcoli:

$N(1)$	-		Numero di tubi (prima iterazione)
$Re(1)$	-		Numero di Reynolds (prima iterazione)
$Nu(1)$	-		Numero di Nusselt (prima iterazione)
$HTC(1)$	$W/(m^2 K)$		Coefficiente di scambio termico convettivo (prima iterazione)
$Q_T(1)$	MW		Potenza termica ceduta (prima iterazione)
$N(n)$	-		Numero di tubi (n-esima iterazione)
$Re(n)$	-		Numero di Reynolds (n-esima iterazione)
$Nu(n)$	-		Numero di Nusselt (n-esima iterazione)
$HTC(n)$	$W/(m^2 K)$		Coefficiente di scambio termico convettivo (n-esima iterazione)
$Q_T(n)$	MW		Potenza termica ceduta (n-esima iterazione)

Calcolare inoltre le prestazioni complessive del sistema cogenerativo considerando:

- $\eta_{el,c} = 0.52$ - rendimento elettrico per produzione di energia elettrica con sistema convenzionale
- $\eta_{th,c} = 0.88$ - rendimento termico per produzione di energia termica con sistema convenzionale

4) Riportare nella seguente tabella i risultati dei calcoli:

η_{tot}	-		Rendimento totale di primo principio
IRE	-		Indice di risparmio energetico

SETTORE INDUSTRIALE
Sotto-settore MECCANICA FREDDA

Il candidato esegua il disegno costruttivo di massima del riduttore a ruote dentate, la cui vista superiore è mostrata in Fig. 1. Si considerino le seguenti specifiche:

velocità albero primario (1)	$n_1 = 1600 \text{ rpm}$
potenza nominale	$P = 10 \text{ kW}$
rapporto di riduzione	$\tau = 12,5$

In particolare, il candidato esegua il progetto, attraverso le verifiche ritenute necessarie, dei seguenti elementi:

- ruote dentate;
- alberi;
- cuscinetti.

Il candidato ipotizzi infine gli eventuali dati aggiuntivi necessari.

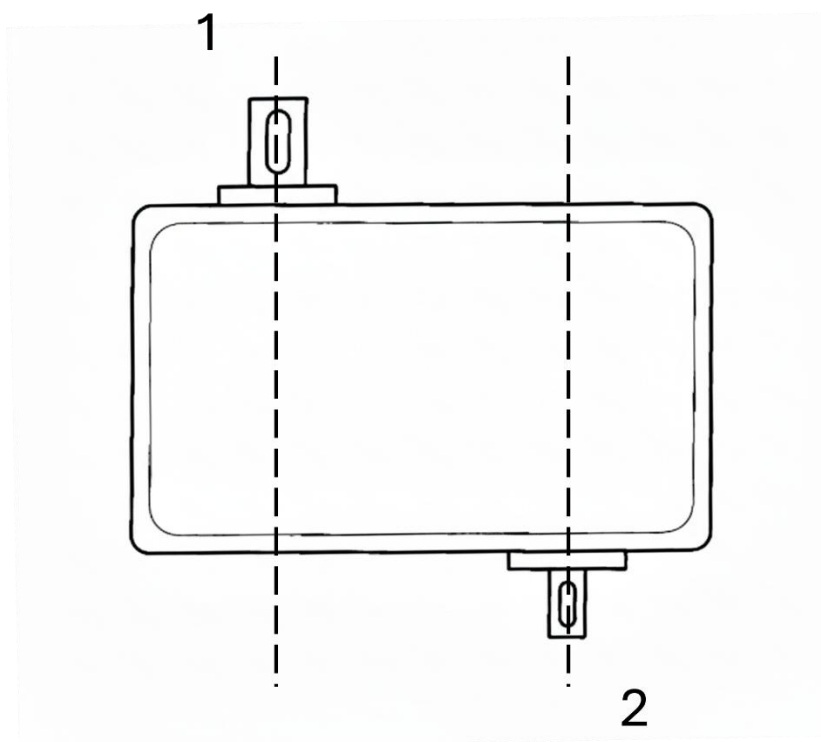


Figura 1

SETTORE INDUSTRIALE

Sotto-settore GESTIONALE-PRODUTTIVO

Titolo: *Progetto preliminare di un magazzino automatico verticale per la gestione di semilavorati in un'azienda biomedicale*

Contesto

Un'azienda manifatturiera operante nel settore biomedicale produce dispositivi su misura in lotti piccoli ma ad alta variabilità. La gestione dei semilavorati e delle componenti (viti, guarnizioni, supporti, circuiti, contenitori, materiali in plastica e acciaio) avviene attualmente in un magazzino manuale con scaffalature statiche, che occupa 200 m² e comporta frequenti errori di prelievo, lentezza nella preparazione ordini e scarsa tracciabilità.

L'azienda decide di sostituire il magazzino esistente con un sistema automatico verticale (tipo **Vertical Lift Module – VLM**), integrato con l'ERP e il sistema MES, per ottenere un miglioramento nella velocità di picking, accuratezza dei dati, tracciabilità e ottimizzazione degli spazi.

Dati a disposizione

- Numero totale articoli gestiti a magazzino: 1.200
- Articoli attivi e movimentati regolarmente (classi A e B): 720
- Ordini interni evasi giornalmente: 60
- Riga ordine media: 6 righe
- Cicli di picking giornalieri: circa 360
- Tempo medio di prelievo manuale per riga: 45 secondi
- Altezza disponibile per installazione: 6 metri
- Area di ingombro per ciascun VLM: 4 m²
- Ogni contenitore (tray) può ospitare in media: 12 codici
- Peso massimo per tray: 250 kg
- Volume medio per articolo: 0,008 m³
- Magazzinieri disponibili: 2 operatori per turno
- Turno unico: 8:00 – 17:00 con 1 ora di pausa

Compiti del candidato

1. Analisi del fabbisogno logistico

- Calcolo del numero minimo di tray necessari per ospitare i 720 articoli attivi, con raggruppamento per codici simili.
- Stima del numero di VLM da installare, in base alla capacità e alla produttività giornaliera.
- Analisi di superficie occupata e confronto con l'area attuale.

2. Proposta di layout e flussi

- Schema del layout del magazzino automatico (pianta e interfaccia con produzione e area ricevimento).
- Descrizione dei flussi operativi: ingresso, stoccaggio, picking, uscita.
- Posizionamento delle baie di prelievo e loro logica operativa.

3. Specifiche tecniche e organizzative del sistema

- Modalità di identificazione articoli (barcode, QR code, RFID).
- Integrazione prevista con ERP e MES (gestione lotti, tracciabilità, reintegri).
- Descrizione del ciclo di picking con put-to-light o pick-to-light.

4. Valutazione di produttività e benefici attesi

- Confronto fra picking manuale e automatico in termini di tempo medio per riga.
- Riduzione stimata degli errori e impatto sulla tracciabilità.
- Incremento dello spazio disponibile grazie alla verticalizzazione.
- Benefici economici e gestionali attesi (es. riduzione tempi di evasione, maggiore rotazione scorte, abbattimento errori).

5. Indicazioni aggiuntive (facoltative ma consigliate)

- Ipotesi di piano di investimento iniziale semplificato.
- ROI qualitativo o quantitativo semplificato (se possibile).
- Aspetti di sicurezza ed ergonomia per gli operatori.

Nota finale

Il candidato potrà supportare la propria proposta con schemi funzionali, calcoli semplificati, grafici, disegni a mano libera o ipotesi ragionate, purché coerenti. È valutata positivamente la capacità di inquadrare il progetto in una logica sistemica, integrando aspetti tecnici, operativi, gestionali e digitali.