

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere
I Sessione 2024
Sezione A - Settore Ingegneria Industriale
Classe di Laurea LM-25 Ingegneria dell'Automazione

25 Luglio 2024

Tema di Automatica

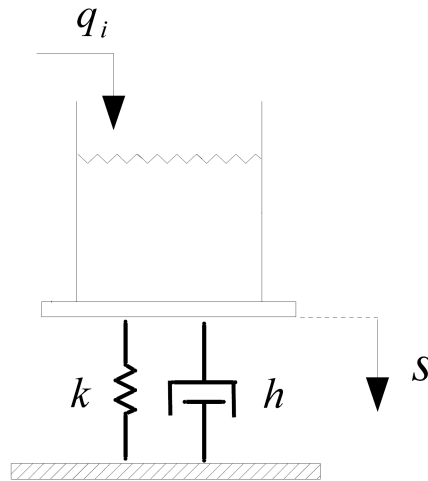


Figure 1: Schematizzazione del sistema da controllare

Si consideri il sistema automatico per la composizione di profumi, schematizzato in Figura 1. Un recipiente di raccolta viene riempito dei fluidi necessari tramite un ugello erogante un portata volumetrica regolabile q_i [m^3/s]. Il recipiente è a sua volta posto su un sistema di pesatura indiretto, approssimabile come un sistema massa-molla-smorzatore. Si consideri una costante elastica k [N/m] e un coefficiente di smorzamento h [$N \cdot s/m$], e si assumano trascurabili le masse del recipiente di raccolta a vuoto e la massa del piatto del sistema di pesatura. Il sistema di pesatura permette di misurare la lunghezza di compressione della molla S [m], come riportato in Figura 1, con $S = 0$ con il recipiente vuoto.

1. Si ricavi una formulazione della dinamica del sistema nello spazio di stato. (Si indichino con V [m^3] il volume del fluido all'interno del recipiente, e con ρ [g/m^3] la sua densità. Inoltre, sia g [m/s^2] l'accelerazione di gravità.)
2. Si calcolino stato e ingresso di equilibrio corrispondenti ad una compressione della molla $S = 1$ m . Si linearizzi poi il sistema intorno a tale punto di equilibrio (per il sistema linearizzato, si consideri la gravità g come un disturbo), riportando l'espressione in spazio di stato e definendo opportunamente le matrici ed i segnali del sistema linearizzato.

3. Si indichi come calcolare la funzione di trasferimento che descrive il legame dinamico forzato tra ingresso controllabile e uscita del sistema linearizzato. (N.B. : non è necessario svolgere i conti). Per valori dei parametri $g = 10$, $k = 0.1$, $h = 10$, $\rho = 10$, tale funzione di trasferimento risulta:

$$G(s) = \frac{1000}{s(1 + 0.001s)(1 + 100s)} \quad (1)$$

4. Con riferimento a $G(s)$, si progetti un controllore lineare $R(s)$ che garantisca le seguenti caratteristiche:

- Errore a transitorio esaurito nullo a fronte di variazioni di setpoint a scalino e a fronte di disturbi di processo costanti.
- Banda passante del sistema in anello chiuso $\geq 10 \text{ rad/s}$.
- Attenuazione di almeno un fattore 10 di disturbi di misura sinusoidali caratterizzati da pulsazioni $\geq 100 \text{ rad/s}$.
- Margine di fase $\phi_m \geq 75^\circ$.

Si riportino i diagrammi di Bode approssimati dei moduli di $G(s)$ e di $L(s) = R(s)G(s)$ (N.B.: non è necessario usare la carta semilogaritmica), e si disegni lo schema di controllo per il sistema linearizzato. Si disegni inoltre la risposta ad uno scalino unitario della funzione di sensitività complementare $F(s)$ (applicando se necessario l'approssimazione al polo dominante).

5. Si consideri la presenza di un eventuale ritardo di attuazione $T_d = 0.02 \text{ s}$, dovuto ad una distanza non trascurabile tra ugello e recipiente di raccolta. Se necessario, si modifichi la taratura proposta al punto precedente per rispettare tutte le specifiche di progetto, anche in presenza di tale ritardo.
6. Si consideri ora la presenza di un disturbo d agente in modo additivo sull'uscita del sistema. Per il disturbo d , valga $D(s) = M(s)H(s)$, con m un disturbo misurabile, $D(s)$ e $M(s)$ le trasformate di Laplace di d ed m , e con

$$H(s) = \frac{5}{(1 + 0.001s)^3} \quad (2)$$

Trascurando il ritardo T_d , si progetti un compensatore $C(s)$ in grado di annullare l'effetto del disturbo sull'uscita del processo.

7. Si disegni lo schema di controllo *complessivo* (includendo il compensatore), applicato al sistema *nonlineare*.
8. Si discretizzi la funzione di trasferimento del regolatore $R(s)$ per una sua implementazione digitale, scegliendo un opportuno tempo di campionamento T_s . Si discutano le implicazioni di tali operazioni sulla stabilità del sistema in anello chiuso e sui suoi margini di robustezza.

**Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere
I Sessione 2024**

Sezione A - Settore Industriale

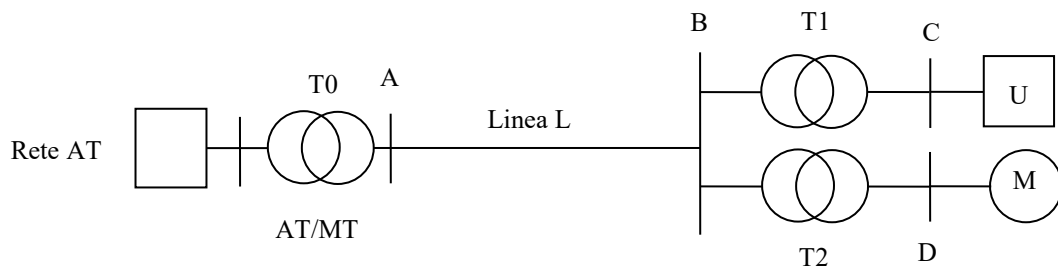
Classe di Laurea (Ingegneria Elettrica)

TEMA N°2 DI INGEGNERIA Elettrica

Un'azienda sia alimentata dal distributore in media tensione mediante una cabina AT/MT dedicata equipaggiata con un trasformatore T0 dedicato al cliente stesso. Sia A il punto in cui viene collocata la cabina di ricezione.

L'analisi riguarderà **la rete a valle della cabina AT/MT** (parte di proprietà e pertinenza del cliente industriale); per quest'ultima parte, ci si occuperà dei reparti produttivi (cabina B). Essi sono così composti:

- ◆ un trasformatore MT/BT (T1), da cui sono alimentate alcune utenze rappresentabili come un unico utilizzatore passivo U;
- ◆ un motore asincrono trifase M alimentato tramite un trasformatore dedicato T2 al livello MT di 6 kV.



I dati dei diversi elementi sono riportati di seguito.

Punto di alimentazione (rete AT)

- Tensione nominale $V_n = 132$ kV
- Potenza di corto circuito $S_k = 2000$ MVA

Linea L0

- Lunghezza $L = 4000$ metri

Trasformatore T0

Trasformatore	T0
Potenza nominale [kVA]	16000
Tensioni nominali V_{1n}/V_{2n} [kV]	132/15
Frequenza [Hz]	50
Perdite a vuoto [kW]	15

Corrente a vuoto relativa [%]	1.0
Perdite in corto circuito [kW]	115
Tensione di corto circuito relativa a 75°C [%]	9
Gruppo	Yyn0
Raffreddamento	ONAF

Utilizzatore U

- Potenza assorbita $P_u = 800 \text{ kW}$ Fattore di potenza $\cos \varphi_u = 0.8 \text{ R}$

Motore asincrono M

Motore asincrono M	
Potenza nominale [kW]	2000
Tensione nominale V_n [V]	6000
Frequenza [Hz]	50
N° di poli p	6
Collegamento	Y
Resistenza di fase di statore R_f [Ω]	0.25

- Prova a vuoto
 - Tensione $V_0 = 6000 \text{ V}$
 - Potenza assorbita $P_0 = 17 \text{ kW}$
 - Fattore di potenza $\cos \varphi_0 = 0.07$
- Prova a rotore bloccato
 - Tensione $V_k = 1000 \text{ V}$
 - Corrente assorbita $I_k = 170 \text{ A}$
 - Fattore di potenza $\cos \varphi_k = 0.18$
- Coppia di carico del motore $C_r = 0.8 \text{ C}_n$.

Si supponga costante la tensione nel nodo AT e pari alla nominale.

Il candidato adotti le semplificazioni che ritiene opportune e integri i dati ove necessario motivando le scelte adeguatamente.

Quesiti.

1. Dimensionare la linea L;
2. Determinare, a valle di ragionevoli ipotesi sui macchinari da installare e sul regime di funzionamento, le correnti assorbite dal motore asincrono M;

3. Definire le caratteristiche principali dei trasformatori T1 e T2, motivandone le scelte;
4. Dimensionare la batteria dei condensatori di rifasamento a servizio della cabina B così che l'alimentazione del reparto non dia luogo ad un pagamento, da parte dell'azienda, di penali al distributore per basso fattore di potenza medio mensile. Supporre che il motore sia utilizzato per un servizio continuativo associato al processo (**fornitura di aria compressa**) e funzioni quindi al carico Cr con prelievo costante nel tempo, mentre l'utilizzatore U funzioni per 12/30 del tempo in fascia F1 e F2, e sia disalimentato per il tempo rimanente. Discutere se è opportuno rifasare in modo centralizzato o distribuito, e su che livello di tensione.
5. Calcolare la corrente di corto circuito trifase, bifase, bifase a terra e monofase a terra nel punto A. Il candidato discuta il regime di esercizio delle varie sezioni MT in termini di messa a terra del neutro.
6. Tracciare lo schema unifilare dei quadri posti nella cabina B; gli schemi dovranno comprendere i dati relativi alle apparecchiature di misura e di protezione.

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere
I Sessione 2024

Sezione A - Settore Industriale / Classe di Laurea (Ingegneria dell-Automazione)

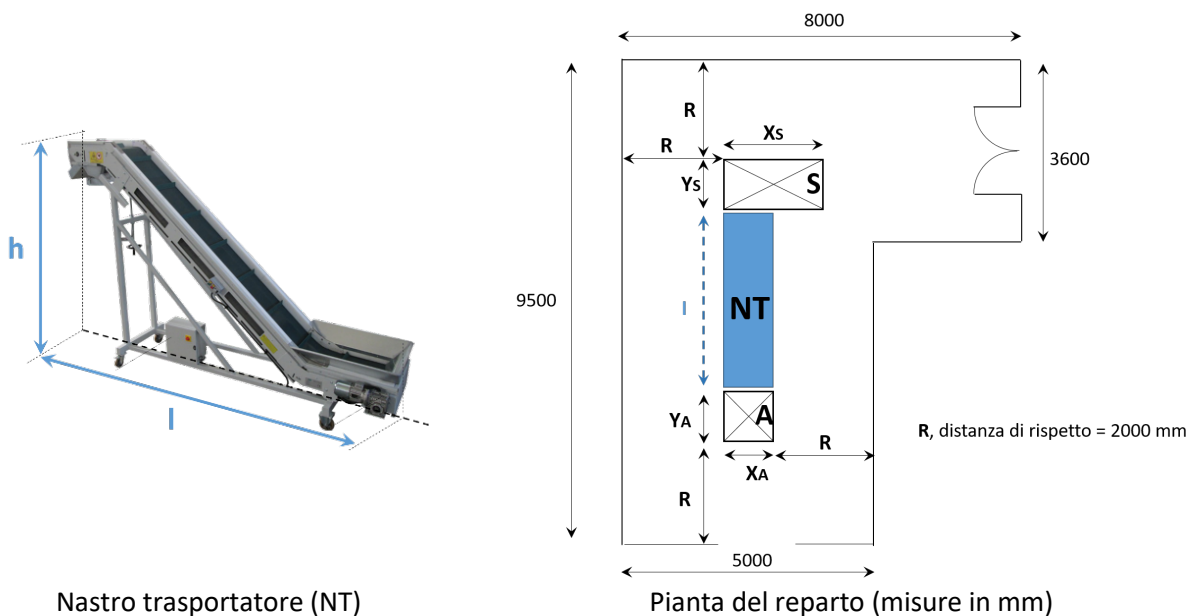
TEMA N°2 DI TECNOLOGIE E GESTIONE

Gestione di un Nastro Trasportatore in un Impianto Industriale

Si consideri il nastro a collo di cigno rappresentato in figura, utilizzato per il trasporto di granuli in plastica in un'azienda di produzione di materiali plastici.

Il nastro trasportatore ha velocità regolabile e capacità di trasporto 1500 kg/h e deve essere ubicato in ambiente interno con temperatura controllata, bassa umidità.

L'azienda lavora su 3 turni di lavoro da 8 ore ciascuno, con funzionamento 24 ore al giorno e sette giorni a settimana.



Nastro trasportatore (NT)

Pianta del reparto (misure in mm)

Considerati gli ingombri in pianta di

- macchinario a valle S (scarico) del nastro trasportatore (1000 mm x 2000 mm)
- macchinario a monte A (alimentazione) del nastro trasportatore (1000 mm x 1000 mm)
- la disposizione in pianta del reparto come da figura.

Si richiede di

- Sviluppare un piano di progetto per il dimensionamento e l'installazione del nastro trasportatore
- Definire le tempistiche, le risorse necessarie e il budget
- Identificare i potenziali rischi relativi all'installazione dell'impianto e sviluppare strategie di mitigazione
- Definire le procedure operative standard (avvio e arresto del nastro, regolazione della velocità, carico e scarico)
- Identificare i potenziali rischi relativi all'esercizio dell'impianto, sviluppare strategie di mitigazione e stabilire le procedure di sicurezza per prevenire incidenti sul lavoro
- Valutare l'impatto ambientale del nastro trasportatore e identificare misure per ridurlo.

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere

I Sessione 2024

Sezione A - Settore Industriale / Classe di Laurea (Ingegneria dell-Automazione)

TEMA N°2 DI ROBOTICA

Si consideri il trasportatore a nastro a collo di cigno per impianto industriale rappresentato in figura, avente altezza pari a 2 m e angolo $\alpha=30^\circ$. Il nastro deve sollevare oggetti di massa pari a 4 kg, con transitori di avvio e di arresto. La cadenza produttiva richiesta è pari a 1000 pezzi/h.



Si descrivano i principali moduli funzionali da tenere in considerazione per la progettazione della macchina, discutendo in particolare le forze, gli attriti e gli sforzi agenti sul sistema.

Si discuta la scelta dei materiali appropriati.

Considerata la cadenza produttiva indicata, e tenendo conto che la macchina deve essere sottoposta ad un transitorio di arresto ogni 300 pezzi, si descriva una opportuna legge di moto.

Si affronti il dimensionamento del gruppo moto-riduttore.

Analizzare i rischi associati al funzionamento del nastro trasportatore.

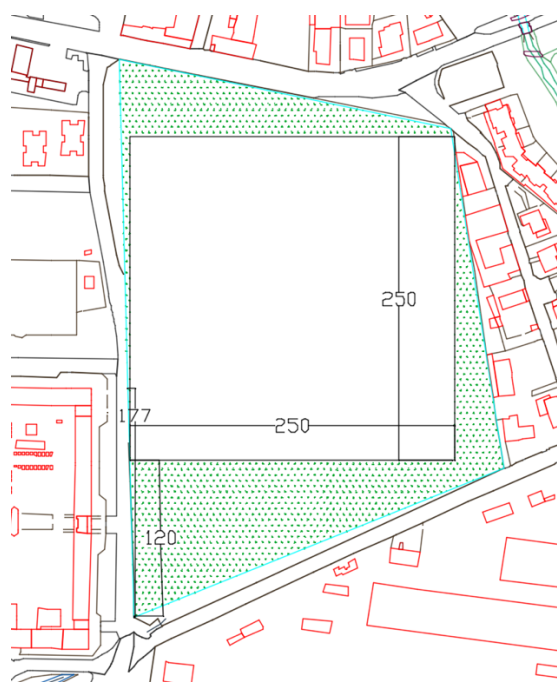
Implementare misure di sicurezza come protezioni, sensori di sovraccarico e sistemi di emergenza.

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere
I Sessione 2024
Sezione A - Settore Civile e Ambientale - Classe di Laurea Ingegneria Civile
TEMA N°3 DI EDILE-ARCHITETTURA

All'interno dell'area Ex-Dogana di Pavia



Si consideri un'area quadrata di 250 m per lato (come da immagine seguente), contornata da parco verde.



Si consideri la presenza del Cimitero ad est, con presenza di vincolo cimiteriale nell'area oggetto di studio.

Definire:

- i principali parametri urbanistici (Sf, Ai, Aii, Rc di progetto, If);
- planivolumetrico con indicazione delle funzioni e delle altezze (o numero dei piani);
- individuazione delle aree da destinare a parcheggi pertinenziali.

Con:

Sf = superficie fondiaria

Ai = area di urbanizzazione primaria

Aii = area di urbanizzazione secondaria

Rc = rapporto di copertura

If = indice di utilizzazione fondiaria (espresso in mq/mq)

Considerando i seguenti dati:

It = 0,5 mq/mq

Mix funzionale:

20 % residenza;

30 % terziario;

50 % commerciale.

Rc max = 0,7 mq/mq

H max = 33 m

Standard residenziale: 45 mq/ab

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere

I Sessione 2024

Sezione A - Settore Civile e Ambientale - Classe di Laurea (Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio)

TEMA N°3 DI IDRAULICA

Con riferimento alla rappresentazione grafica riportata nel seguito, si dimensioni il sistema di collettamento finale di una rete fognaria unitaria, dalla sezione terminale (I) del sistema di raccolta al punto di recapito (F) posto in prossimità di un impianto di depurazione delle acque reflue e in corrispondenza di un corso d'acqua superficiale per il quale non è imposta alcuna limitazione della portata meteorica allo scarico.

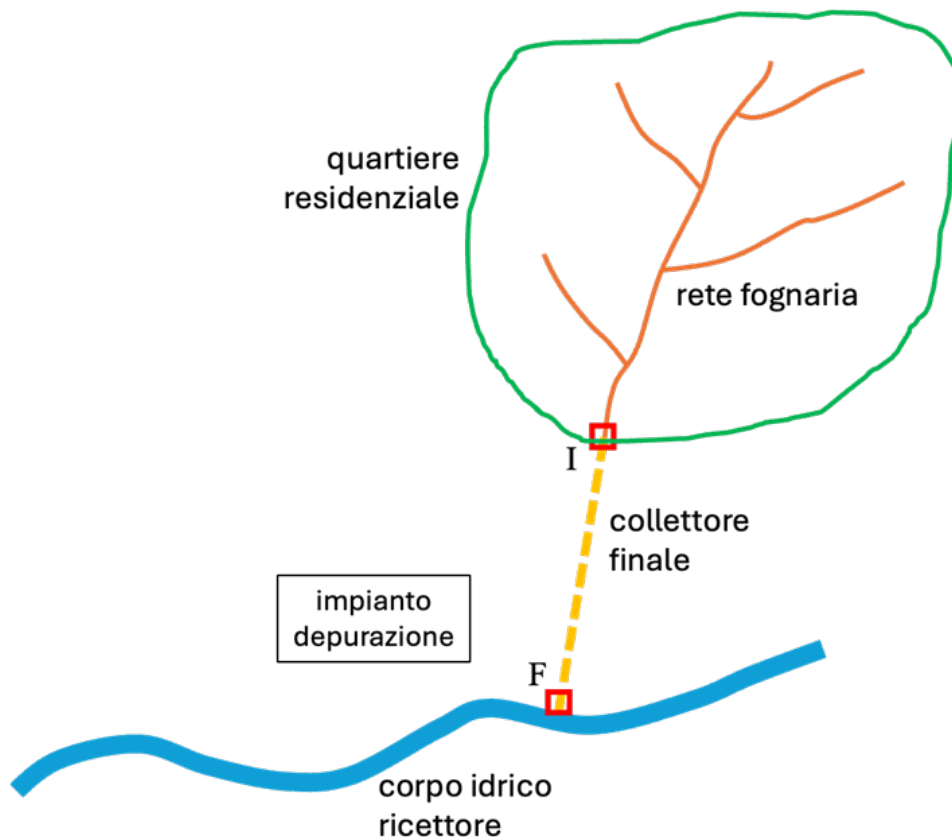
La rete fognaria è a servizio di un quartiere residenziale in area pianeggiante avente un'estensione di 30 ha, un rapporto di impermeabilizzazione pari a 0,45 e una popolazione di 2600 abitanti. Tale rete ha uno sviluppo longitudinale complessivo di 3,3 km, una pendenza media del 3,8‰; il calcolo delle portate meteoriche di progetto è stato condotto per un tempo di ritorno di 5 anni, in base alla seguente curva di possibilità pluviometrica:

$$h = 92,32 t^{0,82} \quad \text{per } t \leq 17 \text{ minuti} \quad [\text{con } t \text{ in ore e } h \text{ in mm}]$$
$$h = 41,41 t^{0,26} \quad \text{per } t > 17 \text{ minuti} \quad [\text{con } t \text{ in ore e } h \text{ in mm}]$$

La quota del piano campagna in corrispondenza delle sezioni I e F è rispettivamente di 104,5 m s.l.m. e 102 m s.l.m., mentre la distanza tra tali punti è pari a 650 m.

La quota del cielo della fognatura nella sezione di consegna (I) è pari a 102,5 m s.l.m.

Il corso d'acqua ricettore in corrispondenza della sezione F ha una quota del fondo a profondità di 5,5 m dal piano campagna e un tirante idrico connesso alla portata massima in arrivo da monte pari a 1,5 m.



Rappresentazione grafica del problema

È richiesto:

- Il dimensionamento idraulico del collettore fognario dalla sezione I alla sezione F con l'indicazione del materiale scelto e del tipo di sezione.
- Il tracciamento del profilo longitudinale del collettore.
- La verifica delle condizioni di deflusso ai fini dell'autopulizia del collettore e dell'ammissibilità della velocità connessa al transito della portata di progetto.
- Il dimensionamento idraulico del manufatto di derivazione delle acque da addurre all'impianto di depurazione mediante stazione di sollevamento in corrispondenza del punto F. In particolare, sono richiesti:
 - La stima della portata da conferire all'impianto di depurazione.
 - Il dimensionamento della condotta di mandata per l'adduzione dei liquami all'impianto di depurazione.
 - Il calcolo della prevalenza di progetto a cui deve lavorare l'impianto di sollevamento, sapendo che la distanza tra la stazione di sollevamento e il manufatto di recapito presso l'impianto di depurazione è pari a 120 m e che la quota di restituzione presso l'impianto di depurazione è pari a 104,5 m s.l.m.
- Un'analisi in merito alla necessità di adottare strategie di salvaguardia qualitativa del ricettore ed, eventualmente, il dimensionamento della vasca di accumulo delle acque di prima pioggia (vasca di prima pioggia), definendone tipologia e discutendone modalità di alimentazione e svuotamento.
- Uno schema planimetrico di derivatore, stazione di sollevamento, vasca di prima pioggia, recapiti.

Il candidato presenti il suo lavoro sotto forma di relazione progettuale, corredata degli schemi grafici richiesti e di quelli che ritenga necessari per meglio rappresentare la sua idea progettuale.

**Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere
I Sessione 2024**

Sezione A - Settore Civile e Ambientale

Classe di Laurea (Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio)

TEMA N° 3 DI INGEGNERIA SANITARIA

Per un impianto di depurazione che riceve, oltre alla fognatura urbana un refluo derivante da una tintoria, dimensionare la linea acque (esclusi i pre-trattamenti) e la linea fanghi.

Le caratteristiche del refluo industriale e di quello urbano sono riportate di seguito:

	Parametro	Unità di misura	Valore
REFLUO INDUSTRIALE	Q	m ³ /d	6.000
	I _b	-	0,55
	Tensioattivi totali	mg/L	25
	COD	mg/L	2.000
	N-NH ₄ ⁺	mg/L	25
	P _{tot}	mg/L	3
	REFLUO URBANO	Parametro	Unità di misura
COD		mg/L	400
BOD ₅		mg/L	250
TKN		mg/L	30
N-NO ₃ ⁻		mg/L	4
P _{tot}		mg/L	1

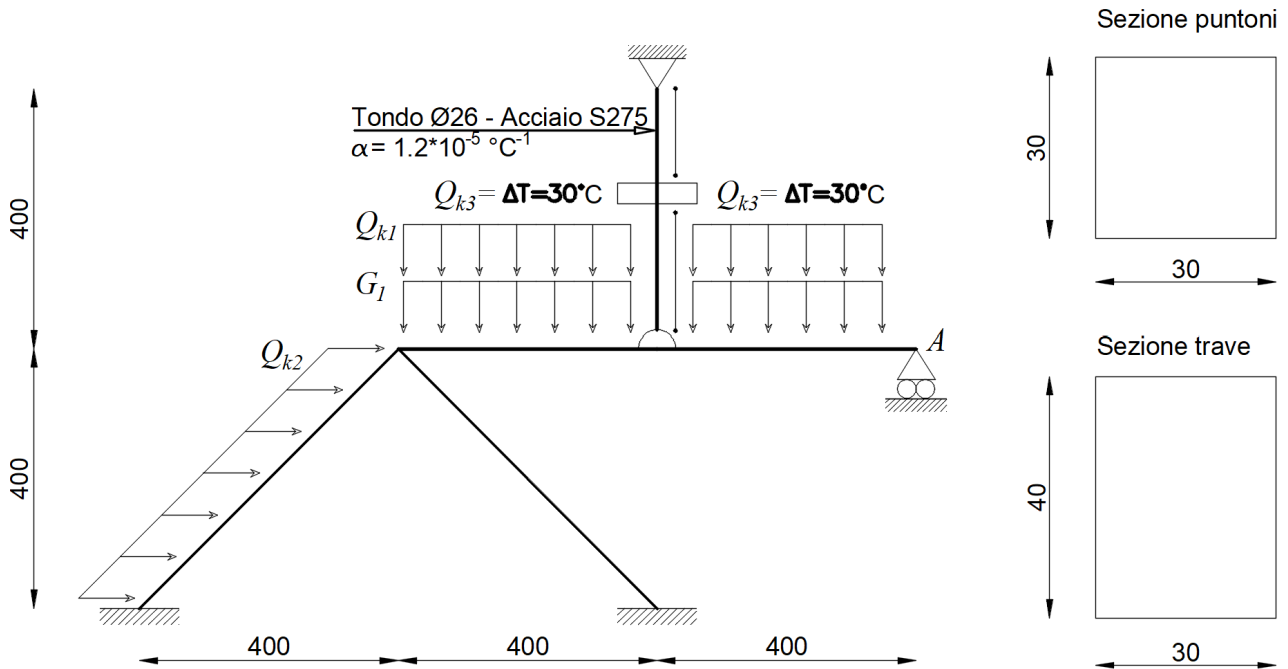
L'impianto (che deve rispettare i limiti delle Tabelle 2 e 3, allegato 5, parte III del Dlgs 152/2006 e smi) è al servizio di un centro abitato di 65.000 AE; il coefficiente di afflusso in fognatura è pari a 0,8 e la dotazione idrica è di 290 l/ab·d.

Il candidato riporti:

- le verifiche necessarie (per i parametri COD, BOD₅, SST, forme azotate e fosforo) per giustificare le scelte dei vari trattamenti;
- lo schema di trattamento ottimale (sia per la linea acque che per la linea fanghi).

Infine il candidato riporti le alternative di rimozione del fosforo, riportando per ciascun trattamento pregi e difetti.

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere
I Sessione 2024
Sezione A - Settore Civile e Ambientale - Classe di Laurea Ingegneria Civile
TEMA N°3 STRUTTURE



È assegnato il telaio in calcestruzzo armato (cls C25/30 – acciaio B450 C) in figura (quote in cm). I carichi agenti sono i seguenti:

- Pesì propri;
- $G_1 = 40 \text{ kN/m}$: carico permanente compiutamente definito;
- $Q_{k1} = 44 \text{ kN/m}$: carico variabile;
- $Q_{k2} = 8 \text{ kN/m}$: vento (da assumersi con intensità e verso indicati);
- $Q_{k3} = 30^\circ\text{C}$: variazione termica sul solo tirante in acciaio.

Considerando unicamente una combinazione di carico di tipo fondamentale agli SLU ai sensi delle NTC 2018, nell'ipotesi di rigidità assiale infinita di trave e puntoni e di rigidità assiale finita per il tondo d'acciaio, si richiede di:

1. Risolvere la struttura in maniera esatta con i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni (è richiesto il tracciamento dei diagrammi delle azioni interne e la determinazione delle reazioni vincolari);
2. Calcolare i ferri d'armatura longitudinale e trasversale per tutti gli elementi;
3. Verificare le sezioni maggiormente sollecitate;
4. Disegnare (schematicamente) le tavole di carpenteria;
5. Calcolare la rotazione della sezione A (appoggio terra);
6. Redigere un computo (puramente) metrico dell'opera e un cronoprogramma lavori.

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere

I Sessione 2024

Sezione A - Settore Ingegneria dell'Informazione

Classe di Laurea (Ingegneria Biomedica)

SCELTA N°2 DI INGEGNERIA BIOMEDICA

Il candidato svolga uno dei seguenti temi a scelta

Tema # 1

Il candidato esponga le specifiche generali dei dispositivi per immuno-isolamento. È quindi richiesta la progettazione di una membrana per immuno-isolamento dedicata alle isole di Langerhans (diametro = 250 μm); in particolare, tale dispositivo è caratterizzato da:

- D, coefficiente di diffusione di O_2 pari a $1.4 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$
- α , coefficiente di solubilità di O_2 pari a $4 \times 10^{-9} \text{ mol}/\text{cm}^3\text{mmHg}$
- V, velocità di uptake di O_2 pari a $3.1 \times 10^{-8} \text{ mol}/\text{cm}^3\text{s}$
- P_s , pressione parziale di O_2 (all'interfaccia col tessuto) pari a 40 mmHg

In particolare, si calcoli il semispessore massimo del dispositivo.

Tema # 2

Il candidato esponga le specifiche generali delle cartelle cliniche digitali. In particolare, si progetti una cartella clinica digitale per la condivisione di informazioni tra ospedali IRCCS dello stesso gruppo (per esempio, Gruppo San Donato).

Tema # 3

Il candidato esponga le specifiche generali dei trasduttori di posizione. In particolare, si progetti un trasduttore di posizione per determinare la posizione del lettino scorrevole (lunghezza = 2.3 m) in una macchina RX.

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere

I Sessione 2024

Sezione A - Settore Ingegneria dell'Informazione

Classe di Laurea (Ingegneria Elettronica)

TEMA N°2 DI ELETTRONICA

Si richiede il progetto di un generatore di forme d'onda (di tensione) che sia in grado di fornire in uscita:

1. onde quadre;
2. onde triangolari;
3. onde a dente di sega.

Il generatore deve consentire all'utente di far variare le caratteristiche della forma d'onda generata fornendo le seguenti opzioni:

1. frequenza dei segnali generati compresa tra 1 kHz e 1 MHz;
2. duty-cycle delle onde quadre variabile (fra il 10% e il 90%);
3. tempo di salita delle onde a dente di sega regolabile fra il 10% e il 90% del periodo.
4. offset (componente continua aggiuntiva) del segnale regolabile e variabile fra -1 V e $+1\text{ V}$;
5. livelli di tensione minima e massima dei segnali compresi tra -5 V e $+5\text{ V}$ (nel caso in cui l'offset sia pari a 0).

Lo strumento deve inoltre possedere le seguenti caratteristiche:

1. i parametri di funzionamento del generatore di forme d'onda devono poter essere regolati tramite un pannello frontale;
2. deve segnalare il verificarsi di eventuali condizioni di errore nell'impostazione dei parametri;
3. deve avere un'impedenza di uscita di $50\ \Omega$;
4. la sua alimentazione deve essere ricavata da una batteria che fornisce, a vuoto, una tensione pari a 3V.

Il candidato sviluppi il progetto del generatore richiesto proponendo dapprima una soluzione con schemi a blocchi ed indicando la funzione svolta da ciascun blocco del sistema.

Descriva successivamente i circuiti di uno o più blocchi tra quelli che compongono lo strumento, dimensionando i componenti in maniera che siano rispettate le specifiche richieste mettendo in evidenza gli aspetti critici del progetto.

Disegni inoltre, in maniera schematica, il pannello frontale dello strumento attraverso il quale l'utente può impostare i valori dei parametri delle varie forme d'onda.

Si stimi approssimativamente il costo di realizzazione dello strumento e si descriva la tecnologia (o le tecnologie) da utilizzarsi per la realizzazione del sistema complessivo fornendo le considerazioni che hanno guidato la scelta della tecnologia di fabbricazione.

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere

I Sessione 2024

Sezione A - Settore Industriale / Classe di Laurea (Ingegneria dell-Automazione)

TEMA N°2 DI ROBOTICA

Si consideri il trasportatore a nastro a collo di cigno per impianto industriale rappresentato in figura, avente altezza pari a 2 m e angolo $\alpha=30^\circ$. Il nastro deve sollevare oggetti di massa pari a 4 kg, con transitori di avvio e di arresto. La cadenza produttiva richiesta è pari a 1000 pezzi/h.



Si descrivano i principali moduli funzionali da tenere in considerazione per la progettazione della macchina, discutendo in particolare le forze, gli attriti e gli sforzi agenti sul sistema.

Si discuta la scelta dei materiali appropriati.

Considerata la cadenza produttiva indicata, e tenendo conto che la macchina deve essere sottoposta ad un transitorio di arresto ogni 300 pezzi, si descriva una opportuna legge di moto.

Si affronti il dimensionamento del gruppo moto-riduttore.

Analizzare i rischi associati al funzionamento del nastro trasportatore.

Implementare misure di sicurezza come protezioni, sensori di sovraccarico e sistemi di emergenza.

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere - I Sessione 2024
Sezione B - Settore Industriale - Classe di Laurea Ingegneria Industriale
TEMA N°3 Ingegneria Elettrica

Uno stabilimento industriale occupa un capannone di circa 400 m² così suddivisi:

- Magazzino (130 m²)
- Produzione (200 m²)
- Amministrazione e bagni (70 m²)

In amministrazione sono presenti 3 computer con due stampanti che devono essere alimentati mediante gruppo di continuità. Inoltre, esternamente ai locali è posta la centrale termica, completa del condizionatore.

L'alimentazione dal distributore è in Bassa Tensione.

Di seguito sono riportati i dati relativi ai diversi elementi:

Rete BT (punto di consegna, a 3 metri dal Quadro Generale)

Tensione 400 V Corrente di corto circuito $I_k = 9$ kA

N. 3 Macchine utensili: P = 16 kW ciascuna $\cos \varphi = 0.8$ $V_n = 400$ V trifase

Le macchine utensili sono tutte poste nell'area adibita alla produzione.

Condizionatore: P = 10 kW $\cos \varphi = 0.85$ $V_n = 400$ V trifase

Il candidato valuti la potenza necessaria per le prese di forza motrice adibite ad uso occasionale.

Il candidato adotti le semplificazioni che ritiene opportune e proporzioni la rete di distribuzione a servizio dello stabilimento rispondendo ai seguenti quesiti.

1. Dimensionare la linea di alimentazione del quadro uffici e la sua protezione.
2. Dimensionare la linea di alimentazione del quadro Produzione e la sua protezione.
3. Dimensionare la linea di alimentazione del quadro Magazzino e la sua protezione.
4. Dimensionare la linea di alimentazione a servizio di una delle macchine utensili e la sua protezione.
5. Tracciare lo schema unifilare del quadro generale dello stabilimento. Tale schema dovrà comprendere i dati relativi alle apparecchiature di protezione.
6. Definire le modalità di rifasamento che si intende adottare ed eseguirne il dimensionamento in modo che non si debbano corrispondere, da parte dell'azienda, penali al distributore.
7. Adottando un sistema di distribuzione dell'energia TT, definire il sistema di protezione dai contatti indiretti (dispositivi, caratteristiche e resistenza di terra; per quest'ultima è richiesto solamente il calcolo del valore massimo, senza eseguire il dimensionamento della rete di messa a terra).
8. Discutere il dimensionamento del gruppo di continuità.

Il candidato assuma motivandone la scelta, ogni altro dato necessario allo svolgimento del tema, ma non presente nel testo.

tabella T1A - influenza della temperatura fattore k1

temperatura ambiente	tipo di isolamento	
	PVC	EPR
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,5	0,71
65		0,65
70		0,58
75		0,5
80		0,41

tabella T2 - circuiti realizzati con cavi installati in fascio o strato fattore k2

n° di posa CEI 64-8	disposizione	numero di circuiti o di cavi multipolari											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
tutte le altre pose	raggruppati a fascio, annegati	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38
11/12/25	singolo strato su muro, pavimento o passerelle non perforate	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7	nessuna ulteriore riduzione per più di 9 circuiti o cavi multipolari		
11A	strato a soffitto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
13	strato su passerelle perforate orizzontali o verticali (perforate o non perforate)	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
14-15-16-17	strato su scala posa cavi o graffiato ad un sostegno	1	0,87	0,82	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,78			

tabella T3 - circuiti realizzati con cavi multipolari in strato su più supporti (es. passerelle) fattore k2

n° posa CEI 64-8	metodo di installazione		numero di passerelle	numero di cavi per ogni supporto					
				1	2	3	4	6	9
13	passerelle perforate orizzontali	posa ravvicinata	2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
		posa distanziata	2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	
			3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	
13	passerelle perforate verticali	posa ravvicinata	2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70
		posa distanziata	2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	
14-15-16-17	scala posa cavi elemento di sostegno	posa ravvicinata	2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
			3	1,00	0,85	0,79	0,76	0,73	0,70
		posa distanziata	2	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	
			3	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	

tabella T4 - circuiti realizzati con cavi unipolari in strato su più supporti fattore k2

n° posa CEI 64-8	metodo di installazione	numero di passerelle	numero di circuiti trifasi			utilizzato per
			1	2	3	
13	passerelle perforate	2	0,96	0,87	0,81	3 cavi in formazione orizzontale
		3	0,95	0,85	0,78	
13	passerelle perforate	2	0,95	0,84		3 cavi in formazione verticale
14-15-16-17	scala posa cavi o elemento di sostegno	2	0,98	0,93	0,89	3 cavi in formazione orizzontale
		3	0,97	0,90	0,86	
13	passerelle perforate	2	0,97	0,93	0,89	3 cavi in formazione a trefolo
		3	0,96	0,92	0,86	
13	passerelle perforate	2	1,00	0,90	0,86	
14-15-16-17	scala posa cavi o elemento di sostegno	2	0,97	0,95	0,93	
		3	0,96	0,94	0,9	

tabella T-A - cavi unipolari con e senza guaina con isolamento in PVC o EPR ⁽¹⁾

metodologia tipica di installazione	altri tipi di posa della CEI 64-8	tipo di isolamento	numero cond. caricati	portata [A]																		
				sezione [mm ²]																		
				1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300		
cavi in tubo incassato in parete isolante	1-51-71-73-74	PVC	2		14,5	19,5	26	34	46	61	80	99	119	151	182	210	240	273	320			
			3		13,5	18	24	31	42	56	73	89	108	136	164	188	216	245	286			
		EPR	2		19,0	26	36	45	61	81	106	131	158	200	241	278	318	362	424			
			3		17,0	23	31	40	54	73	95	117	141	179	216	249	285	324	380			
cavi in tubo in aria	3-4-5-22-23 24-31-32-33 34-41-42-72	PVC	2	13,5	17,5	24	32	41	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415			
			3	12	15,5	21	28	36	50	68	89	110	134	171	207	239	275	314	369			
		EPR	2	17	23,0	31	42	54	75	100	133	164	198	253	306	354	402	472	555			
			3	15	20,0	28	37	48	66	88	117	144	175	222	269	312	355	417	490			
cavi in aria libera in posizione non a portata di mano	18	PVC	2		19,5	26	35	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461			
			3		15,5	21	28	36	57	76	101	125	151	192	232	269	309	353	415			
		EPR	2		24,0	33	45	58	80	107	142	175	212	270	327							
			3		20,0	28	37	48	71	96	127	157	190	242	293							
cavi in aria libera a trifoglio	11-12-21-25 43-52-53	PVC	3		19,5	26	35	46	63	85	110	137	167	216	264	308	356	409	485	561		
		EPR	3		24	33	45	58	80	107	135	169	207	268	328	383	444	510	607	703		
cavi in aria libera in piano a contatto	13-14-15-16-17	PVC	2		22	30	40	52	71	96	131	162	196	251	304	352	406	463	546	629		
			3		19,5	26	35	46	63	85	114	143	174	225	275	321	372	427	507	587		
		EPR	2		27	37	50	64	88	119	161	200	242	310	377	437	504	575	679	783		
			3		24	33	45	58	80	107	141	176	216	279	342	400	464	533	634	736		
cavi in aria libera distanziati su un piano orizzontale ⁽²⁾	14-15-16	PVC	2									146	181	219	281	341	396	456	521	615	709	
			3										146	181	219	281	341	396	456	521	615	709
		EPR	2										182	226	275	353	430	500	577	661	781	902
			3										182	226	275	353	430	500	577	661	781	902
cavi in aria libera distanziati su un piano verticale ⁽²⁾	13-14-15-16	PVC	2									130	162	197	254	311	362	419	480	569	659	
			3										130	162	197	254	311	362	419	480	569	659
		EPR	2										161	201	246	318	389	454	527	605	719	833
			3										161	201	246	318	389	454	527	605	719	833

tabella T-B: cavi multipolari con isolamento in PVC o EPR ⁽¹⁾

metodologia tipica di installazione	altri tipi di posa della CEI 64-8	tipo di isolamento	numero cond. caricati	portata [A]																
				sezione [mm ²]																
				1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
cavo in tubo incassato in parete isolante	2-51-73-74	PVC	2		14,0	18,5	25	32	43	57	75	92	110	139	167	192	219	248	291	334
			3		13,0	17,5	23	29	39	52	68	83	99	125	150	172	196	223	261	298
		EPR	2		18,5	25,0	33	42	57	76	99	121	145	183	220	253	290	329	386	442
			3		16,5	22,0	30	38	51	68	89	109	130	164	197	227	259	295	346	396
cavo in tubo in aria	3A-4A-5A-21 22A-24A-25 33A-31-34A 43-32	PVC	2	13,5	16,5	23,0	30	38	52	69	90	111	133	168	201	232	258	294	344	394
			3	12,0	15,0	20,0	27	34	46	62	80	99	118	149	176	206	225	255	297	339
		EPR	2	17,0	22,0	30,0	40	51	69	91	119	146	175	221	265	305	334	384	459	532
			3	15,0	19,5	26,0	35	44	60	80	105	128	154	194	233	268	300	340	398	455
cavo in aria libera, distanziato dalla parete/soffitto o su passerella	13-14-15-16-17	PVC	2	15,0	22,0	30,0	40	51	70	94	119	148	180	232	282	328	379	434	514	593
			3	13,6	18,5	25,0	34	43	60	80	101	126	153	196	238	276	319	364	430	497
		EPR	2	19,0	26,0	36,0	49	63	86	115	149	185	225	289	352	410	473	542	641	741
			3	17,0	23,0	32,0	42	54	75	100	127	158	192	246	298	346	399	456	538	621
cavo in aria libera, fissato alla parete/soffitto	11-11A-52-53-12	PVC	2	15,0	19,5	27,0	36	46	63	85	112	138	168	213	258	299	344	392	461	530
			3	13,5	17,5	24,0	32	41	57	76	96	119	144	184	223	259	299	341	403	464
		EPR	2	19,0	24,0	33,0	45	58	80	107	138	171	209	269	328	382	441	506	599	693
			3	17,0	22,0	30,0	40	52	71	96	119	147	179	229	278	322	371	424	500	576

resistenza e reattanza specifica dei cavi unificati (Tabella UNEL 35023-70) ^{(1) (2)}

sez. [mm ²]	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
cavo unipolare																
r [mΩ/m]	14,8	8,91	5,57	3,71	2,24	1,41	0,889	0,641	0,473	0,328	0,236	0,188	0,153	0,123	0,0943	0,0761
x [mΩ/m]	0,168	0,156	0,143	0,135	0,119	0,112	0,106	0,101	0,101	0,0965	0,0975	0,0939	0,0928	0,0908	0,0902	0,0895

Materiali conduttore rame, temperatura di riferimento 80°C

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere - I Sessione 2024
Sezione B - Settore Industriale - Classe di Laurea Ingegneria Industriale
TEMA N°3 Gestionale

Gestione di un Nastro Trasportatore in un Impianto Industriale

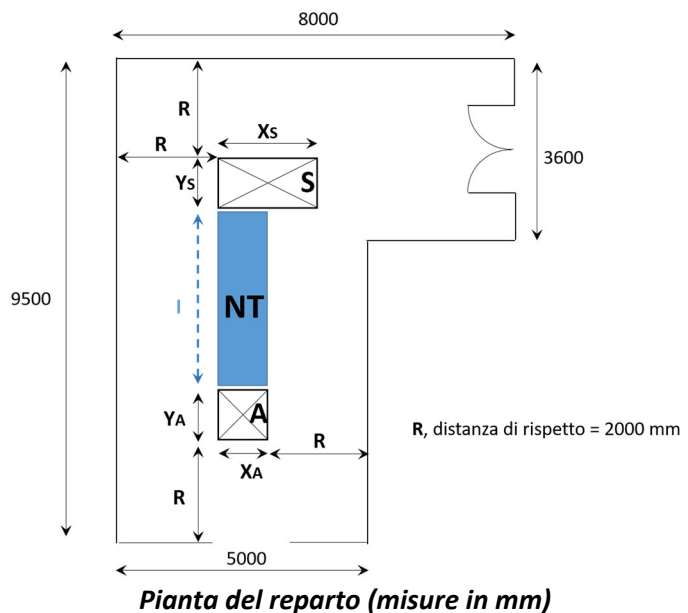
Si consideri il nastro a collo di cigno rappresentato in figura, utilizzato per il trasporto di granuli in plastica in un'azienda di produzione di materiali plastici.

Il nastro trasportatore ha velocità regolabile e capacità di trasporto 500 kg/h, e deve essere ubicato in ambiente interno con temperatura controllata, bassa umidità.

L'azienda lavora su 3 turni di lavoro da 8 ore ciascuno, con funzionamento 24 ore al giorno e sette giorni a settimana.



Nastro trasportatore (NT)



Pianta del reparto (misure in mm)

Considerati gli ingombri in pianta di

- macchinario a valle S (scarico) del nastro trasportatore (1000 mm x 2000 mm)
- macchinario a monte A (alimentazione) del nastro trasportatore (1000 mm x 1000 mm)
- la disposizione in pianta del reparto come da figura

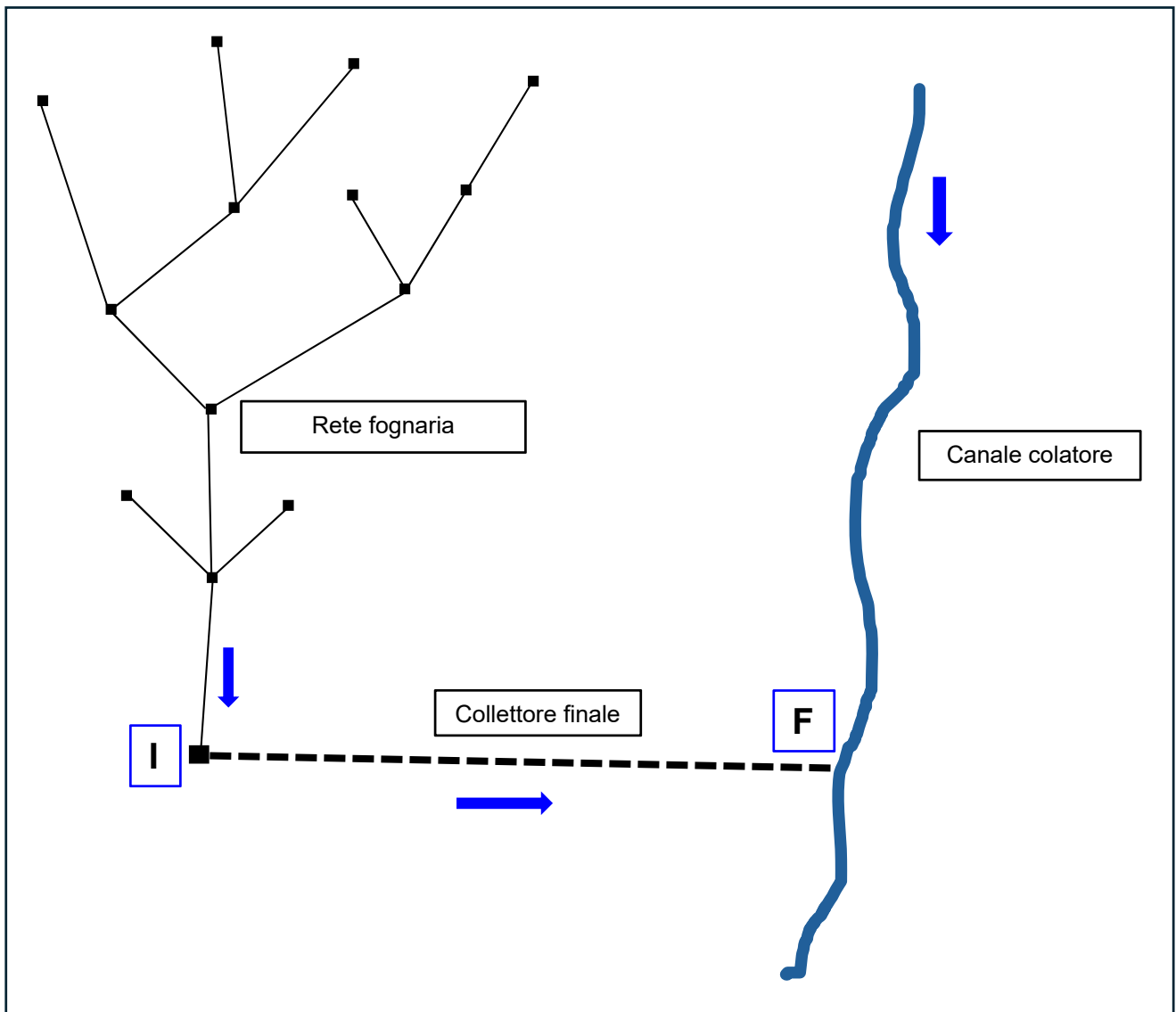
Si richiede di

- Sviluppare un piano di progetto per il dimensionamento e l'installazione del nastro trasportatore
- Definire le tempistiche, le risorse necessarie e il budget
- Identificare i potenziali rischi relativi all'installazione dell'impianto e sviluppare strategie di mitigazione
- Definire le procedure operative standard (avvio e arresto del nastro, regolazione della velocità, carico e Scarico)
- Identificare i potenziali rischi relativi all'esercizio dell'impianto, sviluppare strategie di mitigazione e stabilire le procedure di sicurezza per prevenire incidenti sul lavoro
- Definire i turni ed il numero di unità del personale coinvolto nel reparto.

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere
I Sessione 2024
Sezione B – Settore Civile e Ambientale – Classe di Laurea in Ingegneria Civile

TEMA N.1 DI IDRAULICA

Con riferimento alla rappresentazione grafica riportata nel seguito, si dimensioni il sistema di collettamento finale di una rete fognaria esclusivamente meteorica, dalla sezione terminale (I) del sistema di raccolta al punto di recapito (F) posto in corrispondenza di un ricettore superficiale per il quale non sono imposte né la limitazione della portata meteorica allo scarico né l'adozione di strategie di salvaguardia qualitativa per contrastare l'impatto dello scarico.



Rappresentazione grafica del problema

La rete fognaria di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento è a servizio di un quartiere residenziale avente un'estensione di 15 ha e un rapporto di impermeabilizzazione pari a 0,4. Tale rete ha uno sviluppo longitudinale complessivo di 1,8 km e una pendenza media del 3‰; il calcolo delle

portate meteoriche di progetto è stato condotto per un tempo di ritorno di 10 anni, in base alla seguente curva di possibilità pluviometrica:

$$\begin{aligned} h &= 113,4 t^{0,86} && \text{per } t \leq 14 \text{ minuti} && [\text{con } t \text{ in ore e } h \text{ in mm}] \\ h &= 44,8 t^{0,25} && \text{per } t > 14 \text{ minuti} && [\text{con } t \text{ in ore e } h \text{ in mm}] \end{aligned}$$

La quota del piano campagna in corrispondenza delle sezioni I e F è rispettivamente di 234,5 m s.l.m. e 232 m s.l.m., mentre la distanza tra tali punti è pari a 540 m.

La quota del cielo della fognatura pluviale nella sezione di consegna (I) è pari a 232,5 m s.l.m.

Il ricettore è costituito da un canale colatore, con fondo e sponde in terra con erba in buone condizioni di manutenzione, pendenza media pari a 0,0025 e sezione trapezoidale con larghezza alla base di 5 m e scarpa m delle sponde pari a 1.

Lungo tutto il suo tracciato, il fondo del canale ha una profondità minima rispetto al piano campagna di 5 m e, nel tratto dove il collettore si innesta nel canale (F), quest'ultimo ha una profondità di 5,5 m dal piano di campagna.

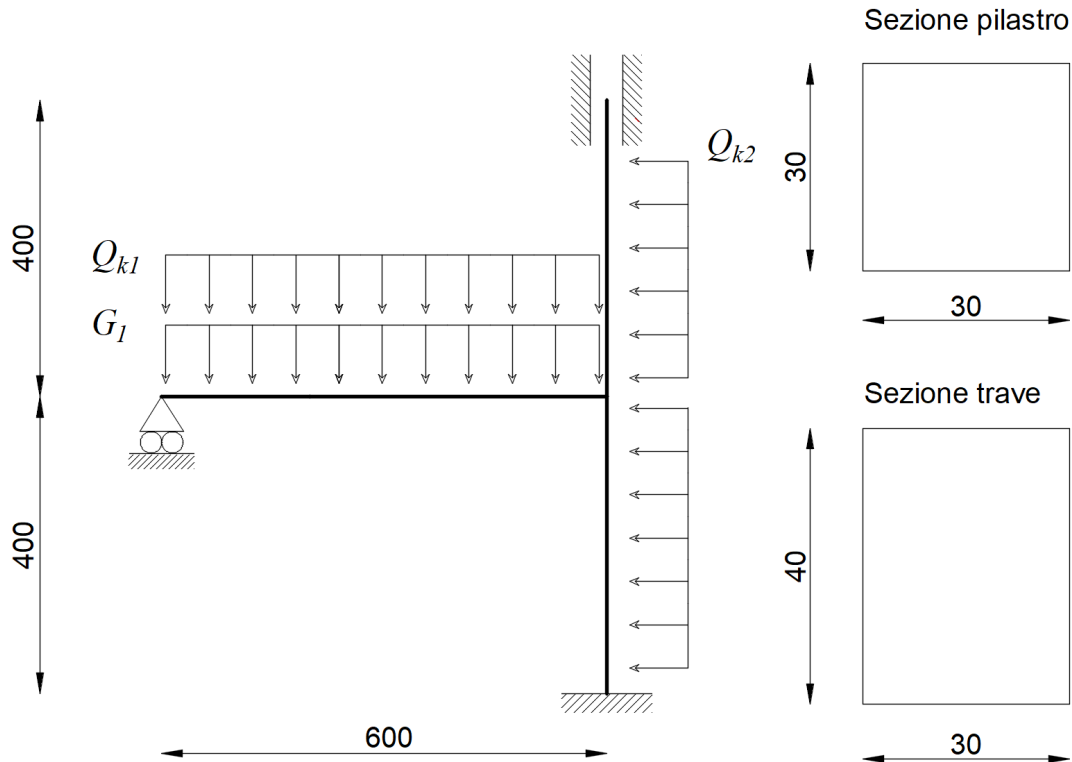
Nel tratto a valle del punto F, il canale non presenta singolarità in grado di creare rigurgiti significativi. La portata massima propria nel canale, a monte del punto F, è stimabile in 15 m³/s. A valle del punto F, non si verificano significative immissioni di portata.

È richiesto:

- Il dimensionamento idraulico del collettore fognario meteorico dalla sezione I alla sezione F con l'indicazione del materiale scelto e del tipo di sezione.
- Il tracciamento del profilo longitudinale del collettore.
- La verifica di compatibilità idraulica dello scarico nei confronti del canale colatore.

Il candidato presenti il suo lavoro sotto forma di relazione progettuale, corredata dello schema grafico richiesto e di quelli che ritenga necessari per meglio rappresentare la sua idea progettuale.

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere - I Sessione 2024
Sezione B - Settore Industriale - Classe di Laurea Ingegneria Industriale
TEMA N°1 Strutture



È assegnato il telaio in calcestruzzo armato (cls C25/30 – acciaio B450 C) in figura (quote in cm). I carichi agenti sono i seguenti:

- Pesì propri;
- $G_1 = 30 \text{ kN/m}$: carico permanente compiutamente definito;
- $Q_{k1} = 34 \text{ kN/m}$: carico variabile;
- $Q_{k2} = 6 \text{ kN/m}$: vento (da assumersi con intensità e verso indicati).

Considerando unicamente una combinazione di carico di tipo fondamentale agli SLU ai sensi delle NTC 2018, nell'ipotesi di rigidità assiale infinita di trave e pilastro e di rigidità assiale finita per il tondo d'acciaio, si richiede di:

1. Risolvere la struttura in maniera esatta con i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni (è richiesto il tracciamento dei diagrammi delle azioni interne e la determinazione delle reazioni vincolari);
2. Calcolare i ferri d'armatura longitudinale e trasversale per tutti gli elementi;
3. Verificare le sezioni maggiormente sollecitate;
4. Disegnare (schematicamente) le tavole di carpenteria;
5. Calcolare la freccia in mezzeria della trave;
6. Redigere un computo (puramente) metrico dell'opera e un cronoprogramma lavori.