

Esame di Stato per l'Abilitazione alla Professione di Ingegnere
I sessione 2013
Sezione A – Settore Informazione
Benevento, 20/06/2013
Prima prova scritta

Traccia 1

Il candidato illustri gli aspetti generali riguardanti la modellistica delle proprietà dielettriche della materia.

Traccia 2

Il candidato discuta il ruolo svolto dagli strumenti di ausilio alla progettazione (CAD) nei dispositivi, circuiti e sistemi elettronici, illustrandone le caratteristiche e gli elementi strutturali e metodologici fondamentali.

Traccia 3

Il candidato illustri il processo di numerizzazione di un segnale analogico e ne discuta le principali problematiche derivanti dalla non idealità dei sottosistemi.

Traccia 4

Il candidato illustri i parametri ed i metodi di caratterizzazione dei convertitori analogico-numeric.

Traccia 5

Il candidato discuta gli aspetti principali che motivano l'approccio nello spazio di stato per l'analisi e la sintesi dei sistemi di controllo lineari.

Traccia 6

Descrivere le principali tecniche di progettazione e verifica di un sistema informativo realizzato con un linguaggio object-oriented.

Esame di Stato per l'Abilitazione alla Professione di Ingegnere
I sessione 2013

Sezione A – Settore Civile Ambientale

Benevento, 20/06/2013

Prima prova scritta

Traccia 1

Indagini in sito ed in laboratorio per la caratterizzazione geotecnica di un sottosuolo, ai fini della progettazione per carichi statici

Traccia 2

Il candidato illustri le metodologie per il calcolo delle massime sovrappressioni di moto vario elastico nelle correnti in pressione, con particolare riferimento alle equazioni concatenate.

Traccia 3

Il candidato illustri gli strumenti di pianificazione dei trasporti, con particolare riferimento ai piani di lungo periodo.

Traccia 4

Il candidato inquadri l'approccio alla progettazione delle costruzioni in zona sismica basata sulla prestazione; inoltre discuta le procedure indicate dalla normativa per ottenere una buona prestazione.

Esame di Stato per l'Abilitazione alla Professione di Ingegnere

I sessione 2013

Sezione A – Settore Industriale

Benevento, 20/06/2013

Prima prova scritta

Traccia 1

Il candidato illustri la problematica del risparmio energetico associato ai fabbisogni di climatizzazione degli edifici con riferimento alle recenti normative nazionali in materia.

Traccia 2

Il candidato illustri, con esplicito riferimento alla chimica della stratosfera, l'influenza dell'inquinamento di origine antropica.

Traccia 3

Il candidato descriva i principali modelli per la formazione del prezzo dell'energia in regime di libero mercato.

Esame di Stato per l'Abilitazione alla Professione di Ingegnere

I sessione 2013

Sezione A – Settore Informazione

Benevento, 20/06/2013

Seconda prova scritta

Traccia 1

Il candidato illustri gli aspetti generali riguardanti la propagazione ionosferica.

Traccia 2

Il candidato discuta le tecniche di polarizzazione, basate su elementi attivi, per il funzionamento dei circuiti integrati analogici.

Traccia 3

La trasmissione di dati su canale satellitare coinvolge aspetti propagativi, di modulazione e accesso multiplo, e di codifica di sorgente e di canale. Il candidato scelga una tra le tre problematiche e la illustri dettagliatamente.

Traccia 4

Il candidato fornisca il progetto di un sistema automatico per la misura di resistenze, basato su un ponte sbilanciato, che operi nell'intervallo del misurando $[100\Omega-500k\ \Omega]$.

Il sistema dovrà essere descritto fornendo:

- il progetto del circuito a ponte, specificando i valori delle resistenze del ponte e il valore della tensione di alimentazione;
- il progetto del circuito di condizionamento che consenta di adattare il livello di tensione all'ingresso della sezione di conversione A/D;
- i requisiti ed i parametri principali della sezione di conversione analogico-numerica, come la risoluzione, la risoluzione effettiva, la frequenza di campionamento, la tensione di riferimento;
- uno schema a blocchi della sezione di elaborazione numerica, evidenziando le connessioni tra il convertitore analogico-numerico ed il microprocessore;
- un diagramma di flusso del software sul microprocessore.

Si calcoli inoltre l'incertezza fino al blocco di conversione A/D, sapendo che le resistenze del ponte hanno un'incertezza relativa dell'1% e che l'alimentazione presenta un *ripple* massimo pari a 0.5%.

Traccia 5

Il candidato discuta del contributo che la teoria del controllo può fornire per la progettazione dei sistemi elettronici di potenza. Si presentino esempi realistici a supporto della discussione.

Traccia 6

Il candidato illustri e discuta lo *stack* di tecnologie alla base delle architetture SOA (Service-Oriented Architecture).

Esame di Stato per l'Abilitazione alla Professione di Ingegnere
I sessione 2013

Sezione A – Settore Civile Ambientale

Benevento, 20/06/2013

Seconda prova scritta

Traccia 1

Progettazione allo SLU dei muri di sostegno, in zona sismica, secondo le recenti NTC 2008.

Traccia 2

Il candidato illustri i criteri di dimensionamento di un dissipatore a risalto.

Traccia 3

Il candidato illustri i metodi multicriteria (o multiobiettivo) applicabili alla valutazione dei piani di trasporto.

Traccia 4

Il candidato illustri le procedure di progettazione delle strutture in acciaio controventate.

Esame di Stato per l'Abilitazione alla Professione di Ingegnere
I sessione 2013
Sezione A – Settore Informazione
Benevento, 20/06/2013
Seconda prova scritta

Traccia 1

Il candidato illustri gli aspetti generali riguardanti la propagazione ionosferica.

Traccia 2

Il candidato discuta le tecniche di polarizzazione, basate su elementi attivi, per il funzionamento dei circuiti integrati analogici.

Traccia 3

La trasmissione di dati su canale satellitare coinvolge aspetti propagativi, di modulazione e accesso multiplo, e di codifica di sorgente e di canale. Il candidato scelga una tra le tre problematiche e la illustri dettagliatamente.

Traccia 4

Il candidato fornisca il progetto di un sistema automatico per la misura di resistenze, basato su un ponte sbilanciato, che operi nell'intervallo del misurando $[100\Omega-500k\ \Omega]$.

Il sistema dovrà essere descritto fornendo:

- il progetto del circuito a ponte, specificando i valori delle resistenze del ponte e il valore della tensione di alimentazione;
- il progetto del circuito di condizionamento che consenta di adattare il livello di tensione all'ingresso della sezione di conversione A/D;
- i requisiti ed i parametri principali della sezione di conversione analogico-numerica, come la risoluzione, la risoluzione effettiva, la frequenza di campionamento, la tensione di riferimento;
- uno schema a blocchi della sezione di elaborazione numerica, evidenziando le connessioni tra il convertitore analogico-numerico ed il microprocessore;
- un diagramma di flusso del software sul microprocessore.

Si calcoli inoltre l'incertezza fino al blocco di conversione A/D, sapendo che le resistenze del ponte hanno un'incertezza relativa dell'1% e che l'alimentazione presenta un *ripple* massimo pari a 0.5%.

Traccia 5

Il candidato discuta del contributo che la teoria del controllo può fornire per la progettazione dei sistemi elettronici di potenza. Si presentino esempi realistici a supporto della discussione.

Traccia 6

Il candidato illustri e discuta lo *stack* di tecnologie alla base delle architetture SOA (Service-Oriented Architecture).

Esame di Stato per l'Abilitazione alla Professione di Ingegnere
I sessione 2013
Sezione A – Settore Industriale
Benevento, 20/06/2013
Seconda prova scritta

Traccia 1

Il candidato illustri la struttura di un piano energetico territoriale.

Traccia 2

Il Candidato illustri il modello del flusso laminare con dispersione assiale, determinando l'espressione utile al calcolo del grado di conversione per cinetiche di ordine "n".

Traccia 3

Il candidato analizzi le problematiche connesse alla protezione dei sistemi elettrici da sovracorrenti di breve e lunga durata.

Esame di Stato per l'Abilitazione alla Professione di Ingegnere
I sessione 2013
Sezione A – Settore Informazione
Benevento, 20/09/2013
Prova pratica

Traccia 1

In relazione al sistema che implementa la funzione logica combinatoria

$$Y = A \cdot (\overline{D} \cdot (B + C))$$

il candidato:

- 1) individui le possibili metodologie di testing del circuito, realizzato in forma integrata sia in tecnologia FCMOS che pseudo-NMOS per identificare eventuali fenomeni di guasto;
- 2) specifichi se e quali ipotesi di lavoro semplificative possono adottarsi nell'applicazione delle tecniche di testing prescelte;
- 3) indichi quali possibili tipi di malfunzionamento possono essere rivelati dalle tecniche prescelte;
- 4) identifichi uno o più insiemi di vettori di test, con l'obiettivo di garantire una fault-coverage del 100% con il minor numero di combinazione di vettori di test.

Traccia 2

Si consideri un array lineare equispaziato di mezza lunghezza d'onda e costituito da 5 antenne disposte lungo l'asse z di un sistema di coordinate cartesiane, operante alla frequenza di 30GHz.

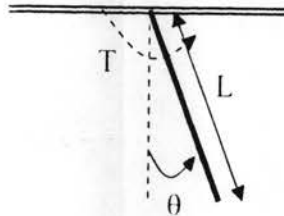
Si determini la distribuzione delle correnti di alimentazione in modo tale che la direzione del massimo della radiazione del fattore di array sia a 60° rispetto all'asse z , e che il livello dei lobi laterali sia il più basso possibile, compatibilmente con una larghezza bilaterale del lobo principale pari a 20° .

Traccia 3

Il modello dinamico di un pendolo capovolto può essere espresso nella seguente forma:

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} = T - mgL \sin \theta$$

dove $J = mL^2$ è il momento d'inerzia, θ è la posizione angolare (valore nullo con pendolo in posizione verticale), m la massa, L la lunghezza del pendolo, T la coppia applicata.



Il candidato proceda:

1. al dimensionamento realistico dei parametri;
2. alla definizione di uno schema a blocchi del modello non lineare, commentandone la struttura;
3. un modello ingresso-stato-uscita dove l'ingresso è la coppia applicata e l'uscita è la posizione angolare;
4. ad individuare il punto di equilibrio corrispondente a $\theta = \pi/4$ e un modello linearizzato intorno a quel punto di equilibrio;
5. a tracciare i diagrammi di Bode, considerando come uscita la posizione angolare e come ingresso la coppia;
6. a studiare la stabilità del sistema linearizzato mediante il criterio di Nyquist;
7. a progettare un controllore basato sul modello linearizzato che riesca però a regolare la posizione angolare del pendolo al valore $\theta = \frac{\pi}{4}$ e si descriva uno schema implementativo applicato al sistema originario (non lineare).

Traccia 4

Si illustri una procedura per il rilievo della caratteristica statica di un diodo mediante strumentazione collegata a un personal computer tramite interfaccia IEEE-488. Si progetti il circuito di misura, si presentino le caratteristiche della strumentazione da utilizzare e si riporti, in pseudocodice, l'algoritmo da eseguire sull'unità di controllo. Si discutano in particolare le diverse sorgenti di incertezza.

Traccia 5

Una azienda fornisce auto a noleggio. L'azienda vuole tenere traccia delle proprie auto, ed in particolare di quali sono attualmente noleggate e di quali sono invece in manutenzione. Si vuole tenere traccia anche di tutti i noleggi avvenuti nel passato, ed in particolare delle informazioni di restituzione (ad esempio le condizioni in cui viene restituita l'auto). La società mantiene anche un archivio dei clienti, e permette la prenotazione, via telefono e via web, delle auto per il noleggio.

Il candidato

1. completi la bozza di requisiti specificata sopra, ed in particolare si elenchino le operazioni da implementare;
2. fornisca i casi d'uso del sistema, usando UML;
3. fornisca una progettazione architeturale del sistema;
4. fornisca la progettazione di dettaglio della parte dati del sistema, in particolare per quanto riguarda le procedure di prenotazione e di consegna;
5. discuta gli aspetti di sicurezza relativi al servizio di prenotazione via web (autenticazione, attacchi denial-of-service, prenotazioni concorrenti in conflitto, ecc.).

Nell'effettuare l'analisi e la progettazione del sistema, il candidato non trascuri di motivare le scelte tecnologiche operate e, laddove ritenga di non avere sufficienti informazioni per sviluppare il progetto, assuma delle ipotesi e proceda nell'analisi e nella progettazione richieste.

Traccia 6

Si vuole realizzare un collegamento tra un satellite geostazionario e una stazione di terra (downlink).

I parametri del collegamento sono i seguenti:

Frequenza portante: 20 GHz

Lunghezza della tratta: 36000 Km

Modulazione 8 PSK

Antenna trasmittente: Parabola, diametro 1 m

Antenna ricevente: Parabola, diametro 0.5 m

Potenza trasmessa: 50 W

Temperatura ambiente: 290 K

Probabilità di errore $< 10^{-6}$

Efficienza delle antenne: 0.6

Attenuazione dovuta a pioggia: 3 dB

Altre perdite: 5 dB

Si determini:

- 1) il rate di trasmissione;
- 2) la banda occupata;
- 3) l'efficienza spettrale del sistema progettato.

Rappresentare sul piano di Shannon il sistema progettato e la curva di capacità e mostrare lo schema del ricevitore ottimo per la segnalazione individuata.

Esame di Stato per l'Abilitazione alla Professione di Ingegnere
I sessione 2013
Sezione A – Settore Industriale
Benevento, 20/09/2013
Prova pratica

Traccia 1

Il processo reattivo $A \rightarrow P$ descritto dalla seguente cinetica:

$$r_A = kC_A^2 \quad k = 0.167 \text{ m}^3 / (\text{kgmol} \cdot \text{min})$$

deve essere condotto avendo a disposizione una corrente ($Q=1 \text{ m}^3/\text{h}$) contenente il solo composto A ($C_{A0}=1 \text{ kgmol}/\text{m}^3$) in un reattore di scala pilota ($V=5 \text{ m}^3$) progettato e realizzato sulla base di uno di scala da laboratorio. Prove preliminari condotte hanno mostrato delle prestazioni inferiori rispetto al reattore di scala da laboratorio. Al fine di verificare il corretto funzionamento del reattore, sono state effettuate delle prove di tracciamento che hanno evidenziato la seguente risposta ad una sollecitazione impulsiva di tracciante:

t, min	C, kgmol/m ³
0	0
2	0
5	0
6	25
7	28
8	29
9	27
10	23
11	20
12	18
15	14
18	11
20	9
22	7
27	4
32	2.5
37	1.5
42	1
47	0.5
55	0

Si determini:

- il motivo più plausibile del malfunzionamento del reattore in scala pilota;
- un schema reattoristico costituito da reattori ideali assimilabile al reattore in esame;
- il grado di conversione ottenibile mediante il reattore di scala pilota;
- semplici modifiche che mi consentano di aumentare il grado di conversione calcolato al punto precedente.

Traccia 2

Un albergo con 400 stanze ha le seguenti richieste energetiche:

Elettrico puro invernale:	tH = 2500 h/anno
Acqua calda sanitaria invernale (ACS):	tH = 2200 h/anno
Riscaldamento invernale:	tH = 2500 h/anno
Elettrico puro estivo:	tH = 2200 h/anno
Acqua calda sanitaria estiva (ACS):	tH = 1600 h/anno
Raffrescamento estivo:	tH = 1800 h/anno

In base alla tipologia ed all'ubicazione si può ritenere che, per stanza, siano necessarie una potenza elettrica pura pari a 2,20 kW/stanza, una potenza termica per acqua calda sanitaria pari a 0,250 kW/stanza per il periodo invernale e 0,200 kW/stanza per il periodo estivo, una potenza termica per riscaldamento pari a 2,80 kW/stanza, una potenza termica per raffrescamento pari a 2,90 kW/stanza. Al gestore dell'albergo sono applicabili le seguenti tariffe: costo unitario dell'energia elettrica pari 15,0 c€/kWh, costo unitario del gas naturale per il sistema tradizionale pari a 85,0 c€/Nm³. Per il sistema proposto è previsto l'utilizzo di un cogeneratore alimentato con olio vegetale (Pci = 10,4 kWh/kg) dal costo di 700 €/t.

Si considerino i seguenti sistemi:

SISTEMA TRADIZIONALE (ST):

Estate
Elettrico puro: ($\eta_{pp} = 0,460$);
Raffrescamento: EHP ($\eta_{pp} = 0,460$; $\eta_{mc} = 0,960$; $COP_{EHP} = 3,2$);
ACS: caldaia ($\eta_c = 0,880$);

Inverno
Elettrico puro: ($\eta_{pp} = 0,391$);
ACS + Riscaldamento: caldaia ($\eta_c = 0,880$);

SISTEMA PROPOSTO (SP):

Estate
Elettrico puro: cogeneratore (COG) ($\eta_{el} = 0,400$, $\eta_t = 0,460$);
Raffrescamento: Assorbitore (ASS) alimentato dai reflui termici del cogeneratore ($COP_{ASS} = 0,840$);
ACS: recupero termico COG;

Inverno
Elettrico puro: cogeneratore (COG) ($\eta_{el} = 0,400$, $\eta_t = 0,460$);
ACS + Riscaldamento: recupero termico COG.

Si assuma un costo del cogeneratore pari a 1250 €/kW_{el} e un sovraccosto dell'assorbitore rispetto all'EHP di 220 €/kW_{fr}.

In base ai dati indicati si valuti su base annua per i sistemi ST ed SP:

1. i CUC;
2. il REP;
3. il SPB in presenza e in assenza di incentivi, legati all'utilizzo di una biomassa vegetale come combustibile, considerando la tariffa onnicomprensiva 28 c€/kWh_{el}.
4. le emissioni di CO₂ evitate;
5. gli indici energetici, economici e di impatto ambientale nel caso in cui si consideri la BAT (Best Available Technology) per il sistema tradizionale ($\eta_{pp} = 0,515$, $\eta_c = 0,970$ e $\alpha = 0,410$ kg CO₂/kWh_{el}, $COP_{EHP} = 3,4$, costo unitario dell'energia elettrica pari 14,0 c€/kWh).

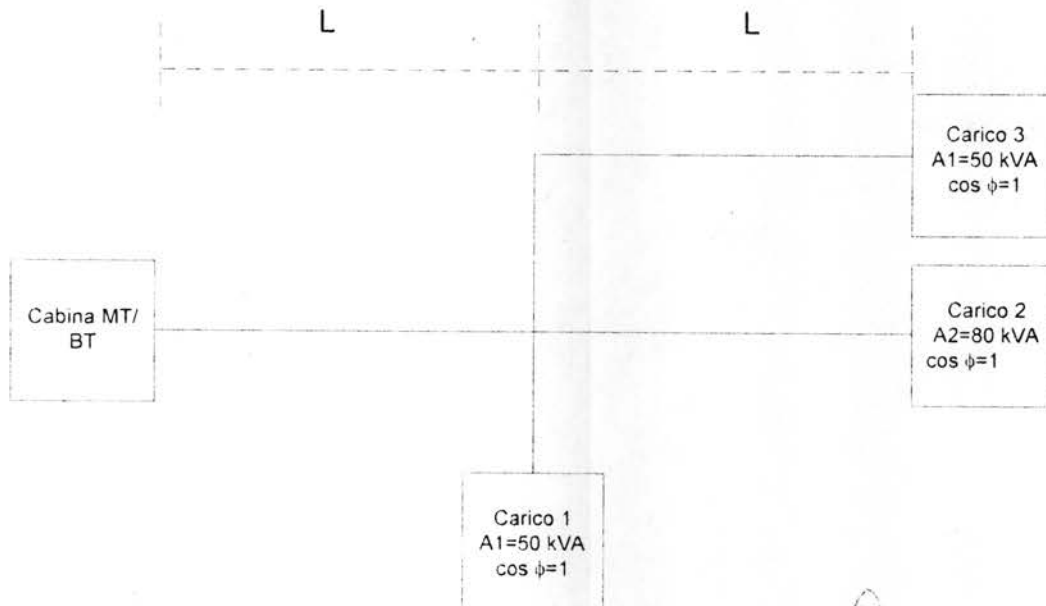
A.

Traccia 3

Assumendo una tensione nominale del sistema BT pari a 380 V e supponendo di impiegare cavi unipolari in rame, isolati in PVC e posati entro tubo in aria, si proceda al dimensionamento della rete elettrica di distribuzione riportata in figura.

Si assuma una massima caduta di tensione percentuale pari al 5%.

La distanza L è pari a 400 m.



Esame di Stato per l'Abilitazione alla Professione di Ingegnere

I sessione 2013

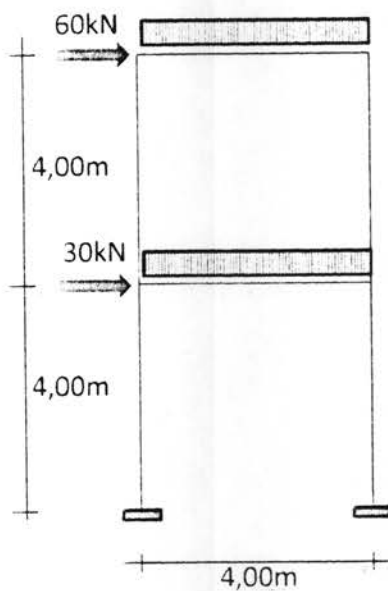
Sezione A – Settore Civile Ambientale

Benevento, 20/09/2013

Prova pratica

Traccia 1

Progettare le sezioni e le armature degli elementi strutturali dello schema riportato in figura assumendo come carichi verticali una quota permanente $G_k=40\text{kN/m}$ e variabile $Q_k=25\text{kN/m}$. Le sollecitazioni devono essere calcolate considerando il traverso infinitamente rigido per l'azione orizzontale (schema di telaio Grinter) e schemi elastici, anche semplificati, per i carichi verticali. Il progetto deve fare riferimento alle indicazioni relative alle costruzioni in zona sismica (DM 2008), assumendo il calcestruzzo di classe C25/30.



Traccia 2

Un plinto di fondazione, a pianta quadrata di lato 2,5 m, è soggetto ai seguenti carichi verticali caratteristici al livello del piano di posa:

$$G_k = 400.00 \text{ kN} \quad \text{carichi permanenti}$$
$$Q_k = 100.00 \text{ kN} \quad \text{carichi accidentali}$$

Il sottosuolo è costituito da un'argilla limosa satura, con falda a piano campagna. Le caratteristiche del terreno sono le seguenti:

- peso dell'unità di volume $\gamma_{\text{sat}} = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione non drenata $c_u = 200 \text{ kPa}$
- coesione effettiva $c' = 10 \text{ kPa}$
- angolo di attrito $\phi' = 28^\circ$

Il piano di posa sia posto a 2.0 m dal piano campagna.

- Quesito 1) Verificare la sicurezza allo stato limite ultimo al termine della costruzione ($t=0$, condizioni non drenate) mediante l'Approccio 2 delle NTC 2008;
- Quesito 2) Verificare la sicurezza allo stato limite ultimo a lungo termine ($t=\infty$, condizioni drenate), nell'ipotesi di rottura generale mediante l'Approccio 2 delle NTC 2008;
- Quesito 3) Si verifichi inoltre la fondazione (allo SLV) sotto azioni sismiche, assumendo che esse diano luogo semplicemente ad una ulteriore azione orizzontale in fondazione pari a :

$$H_{\text{sism}} = 40.00 \text{ kN}$$

Si riportano di seguito:

- le espressioni dei coefficienti di carico limite N_q , N_c ed N_γ
- le espressioni dei fattori di forma s_q , s_c e s_γ , secondo la formulazione proposta da Hansen;
- le espressioni dei fattori di inclinazione dei carichi i_q , i_c e i_γ secondo la formulazione proposta da Hansen.

$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \phi} \cdot K_p$ $N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg} \phi$ $N_\gamma = 1,5 \cdot (N_q - 1) \cdot \text{tg} \phi$	dove: K_p è il coefficiente di spinta passiva di Rankine
--	---

$\phi = 0$	$\phi \neq 0$
$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \text{tg} \phi$	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \text{tg} \phi$
$s_c = 0,2 \cdot \frac{B}{L}$	$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$
$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$	$s_\gamma = 1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$

$$i_q = \left(1 - \frac{0,5 \cdot N_H}{N_V + B \cdot L \cdot c \cdot \text{ctg} \varphi} \right)^5$$

$$i_c = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{N_H}{B \cdot L \cdot c}} \right)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0,7 \cdot N_H}{N_V + B \cdot L \cdot c \cdot \text{ctg} \varphi} \right)^5$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0,5 \cdot N_H}{N_V + B \cdot L \cdot c \cdot \text{ctg} \varphi} \right)^5$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0,7 \cdot N_H}{N_V + B \cdot L \cdot c \cdot \text{ctg} \varphi} \right)^5$$

N.B.: N_v ed N_h sono, rispettivamente, la componente verticale e quella orizzontale del carico agente in fondazione.

M

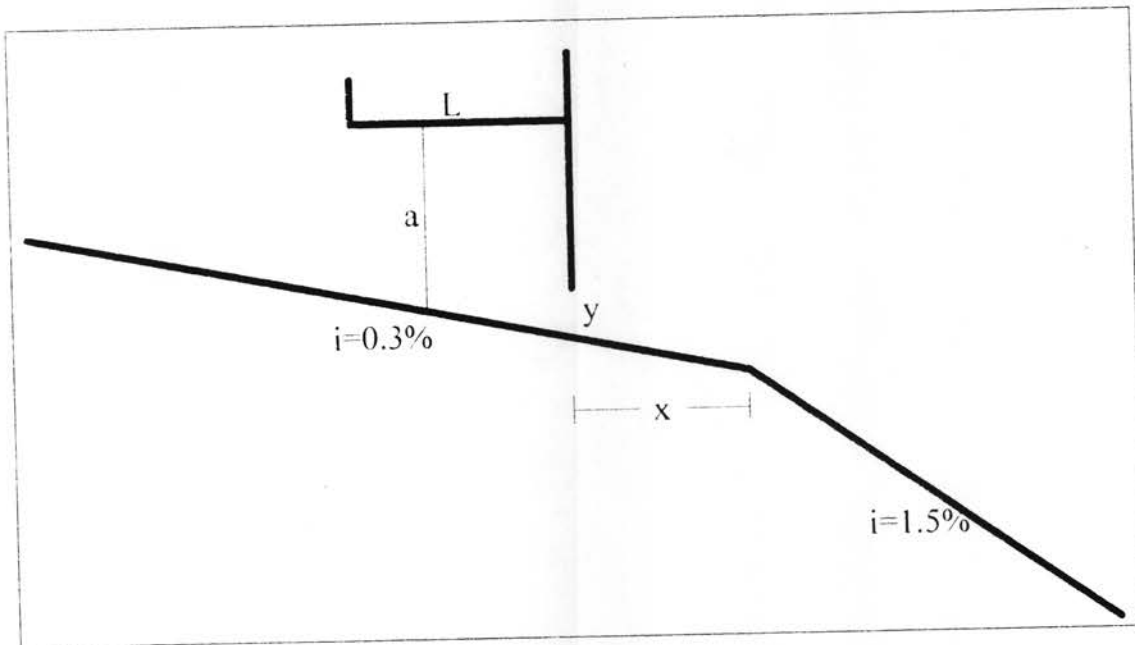
Traccia 3

Nel canale di larghezza B , di cui in figura è schematizzato il profilo longitudinale, defluisce una portata in arrivo da monte pari a Q_M . Parte di questa (Q_S) viene sfiorata a mezzo di uno sfioratore laterale con soglia di altezza a , mentre la rimanente aliquota procede verso valle defluendo al di sotto della paratoia in figura.

Il candidato proceda:

- al dimensionamento dell'altezza delle sponde del canale e della lunghezza L dello sfioratore;
- alla definizione del profilo di corrente mediante integrazione numerica e alla sua rappresentazione grafica in scala adeguata.

Dati: $Q_M=6 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_S=2.5 \text{ m}^3/\text{s}$; $k=50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$; $B = 1.5 \text{ m}$; $x = 10 \text{ m}$; $y = 0.5 \text{ m}$; $a = 2.3 \text{ m}$



Traccia 4

Considerando 4 zone di traffico (A, B, C e D) e la matrice origine destinazione in tabella 1 relativa ai diversi motivi dello spostamento, si proceda al calcolo delle ripartizioni modali, si determinino i flussi sulla rete collettiva e si proceda alla progettazione dei parametri di esercizio utilizzando veicoli da 50 posti, rimodulando le frequenze sulla base della domanda e determinando il numero di veicoli necessari all'esercizio del servizio di trasporto collettivo.

Casa Lavoro				
	A	B	C	D
A	0	270	321	0
B	135	0	306	198
C	153	196	0	0
D	0	159	0	0

Casa Studio				
	A	B	C	D
A	0	222	159	0
B	123	0	135	72
C	183	150	0	0
D	0	57	0	0

Casa altri motivi				
	A	B	C	D
A	0	132	114	0
B	174	0	150	102
C	213	162	0	0
D	0	81	0	0

Tabella 1 - Matrice origine destinazione per motivo

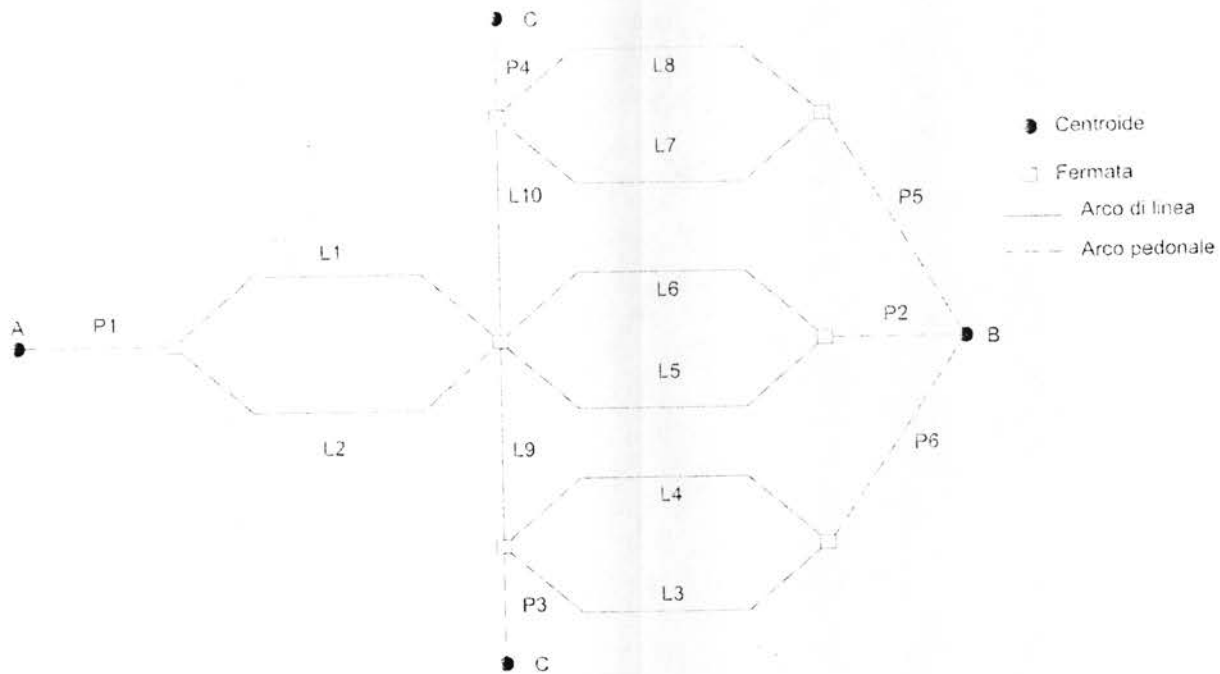
Per quel che riguarda la rete privata, si considerino per le diverse coppie origine destinazione gli attributi di livello di servizio riportati in tabella 2.

Tempi di percorrenza in minuti				
	A	B	C	D
A	0	15	25	33
B	15	0	32	24
C	25	32	0	29
D	33	24	29	0

Tabella 2 - Tempi di percorrenza

Per la determinazione dei costi monetari si consideri per il modo auto la sola tariffazione della sosta, supposta pari ad 2 euro per la zona B e 3 euro per le altre, mentre per il trasporto collettivo un prezzo del titolo di viaggio costante e pari ad 1 euro.

Per quel che riguarda la rete di trasporto collettivo, si consideri il seguente schema di grafo (archi bidirezionali) e le caratteristiche degli archi riportate nelle tabelle 3 e 4.



	Lunghezza Km
P1	0.2
P2	0.3
P3	0.2
P4	0.18
P5	0.24
P6	0.21

Tabella 3 -Caratteristiche archi pedonali

	Lunghezza Km	Velocità commerciale Km/h	Frequenza veic/h
L1	3.5	28	4
L2	3.7	28	6
L3	2.8	30	5
L4	3	32	5
L5	3.4	25	4
L6	4.1	32	4
L7	3.3	30	6
L8	2.9	28	8
L9	3.1	28	8
L10	4	28	6

Tabella 4 -Caratteristiche archi di linea

Per la ripartizione modale si utilizzi un modello LOGIT con la seguente specificazione delle utilità sistematiche:

$$U_{ij} = \alpha + \beta_1 \ln(L_{ij}) + \beta_2 \ln(V_{ij}) + \beta_3 \ln(F_{ij})$$

Dove:

R

$T_{b_{auto}}^{od}$ rappresenta il tempo a bordo in ore sul minimo percorso a flusso nullo calcolato sulla rete stradale tra la coppia od

$T_{b_{bus}}^{od}$ rappresenta il tempo a bordo in ore sull'ipercammino di minimo tempo complessivo sulla rete collettiva tra la coppia od

$T_{w_{bus}}^{od}$ rappresenta il tempo di attesa in ore sull'ipercammino di minimo tempo complessivo sulla rete collettiva tra la coppia od

T_p^{od} rappresenta il tempo a piedi in ore sull'ipercammino di minimo tempo complessivo sulla rete collettiva tra la coppia od

C_{auto}^{od} rappresenta il costo monetario in euro per spostarsi in auto dall'origine o alla destinazione d

C_{bus}^{od} rappresenta il costo monetario in euro per spostarsi in bus dall'origine o alla destinazione d

I valori dei coefficienti β sono riportati nella tabella 5

Motivo	β_{rb}^m	β_{rp}^m	β_{rw}^m	β_c^m	β_{bus}^m
Casa Lavoro	-1.8	-4.2	-3.1	-0.225	0.6
Casa Scuola	-1.1	-2.2	-1.8	-0.275	0.9
Casa Altri Motivi	-2.1	-7.1	-5.1	-0.21	0.4

Tabella 5 - Parametri modello scelta modale

10