



ESAME DI STATO PROFESSIONE INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE (SEZIONE A)  
1° SESSIONE 2019

PROVA PRATICA

TRACCIA N° 1

Si vuole smantellare e ripristinare una discarica di inerti che contiene circa 1.400.000 m<sup>3</sup> di rifiuti da costruzione e demolizione, compreso calcestruzzo armato, che devono essere riciclati.

Si prevedono due linee, una di "tal quali" (60 % del totale) e una di "frantumati" con una produzione totale di 60 t/h. La linea "tal quali" prevede di ottenere 3 frazioni granulometriche: 0-30 mm, 5-18 mm e 18-30 mm, le cui quantità relative sono a scelta del candidato. La linea "frantumati" prevede di ottenere 5 frazioni granulometriche 0-3 mm, 3-6 mm, 6-9 mm, 9-12 mm e 12-30 mm le cui quantità relative sono a scelta del candidato.

La densità del materiale è 2600 kg/m<sup>3</sup>, il work index 15 kWh/sht e la dimensione massima in ingresso all'impianto 90 mm.

Il candidato svolga il tema con riferimento ai seguenti punti:

- 1) Progetto generale dell'impianto con la descrizione delle singole macchine
- 2) Determinazione della potenza installata delle macchine di comminuzione.
- 3) Dimensionamento dei vagli in termini di superficie vagliante.
- 4) Gestione delle acque di lavaggio e il trattamento dei fini ipotizzando uno spessore medio del materiale durante la fase di vagliatura.
- 5) Problematiche di impatto ambientale dell'impianto e relative strategie di mitigazione.
- 6) Il disegno della curva granulometrica di ingresso sulla base di libere assunzioni da parte del candidato sui dati mancanti.



ESAME DI STATO PROFESSIONE INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE (SEZIONE A)  
1° SESSIONE 2019

PROVA PRATICA

TRACCIA N° 2

In riferimento alla Figura 1, si progetti e si verifichi una struttura di copertura per l'intera area avente schema statico nel piano  $y-z$  indicato in figura. È richiesto anche il dimensionamento della struttura di fondazione. È richiesta la produzione degli elaborati grafici ritenuti più significativi alla comprensione del progetto. Si assuma l'acciaio come materiale da costruzione per la struttura portante, mentre è a scelta del candidato il materiale da adottare come copertura. Le caratteristiche dei materiali sono a scelta del candidato, così come lo sono le caratteristiche del terreno di fondazione stante la categoria di sottosuolo assegnata. Il progetto dovrà rispettare le disposizioni delle più recenti normative tecniche nazionali (NTC2018).

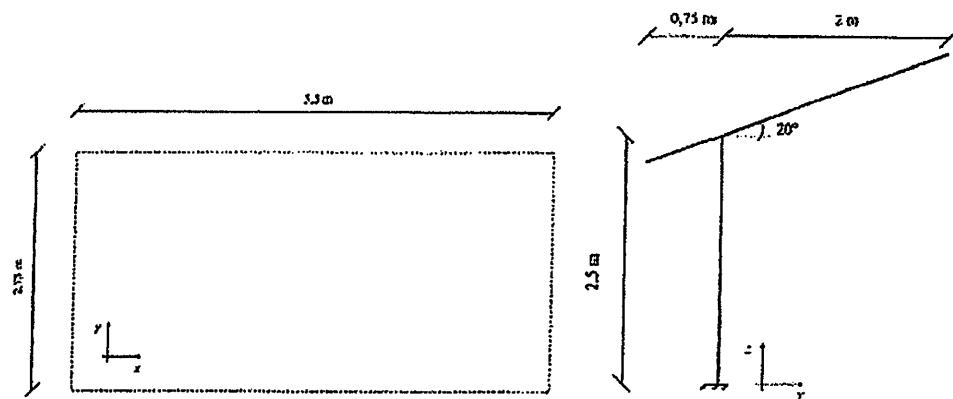


Figura 1: Superficie da coprire e schema statico della struttura di copertura.

Per la valutazione delle azioni sismiche si faccia riferimento ai parametri riportati in tabella.

SLV	S	a <sub>g/g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>
	1,2	0,169	2,472	0,143	0,423	2,278

Dati ulteriori relativi alla costruzione in esame:

- 1) sita nella regione Lazio
- 2) alla quota di 87m slm
- 3) distanza dalla costa superiore a 30km
- 4) classe di rugosità C
- 5) categoria di sottosuolo B
- 6) categoria topografica T1



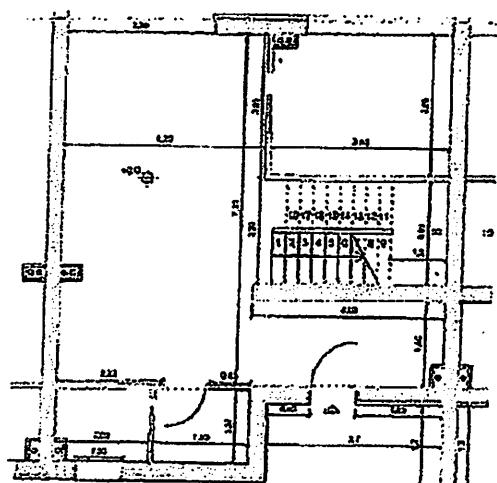
ESAME DI STATO PROFESSIONE INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE (SEZIONE A)  
1° SESSIONE 2019

PROVA PRATICA

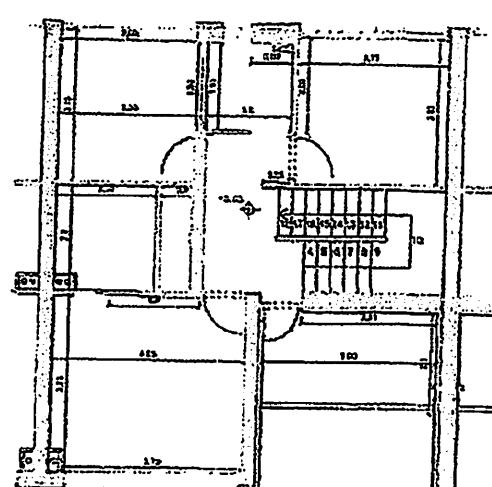
TRACCIA N° 3

Sulla base dello schema di progetto di seguito illustrato relativo ad un insieme di case unifamiliari a schiera in area romana, il candidato presenti una propria completa proposta di apparecchiatura costruttiva che comprenda:

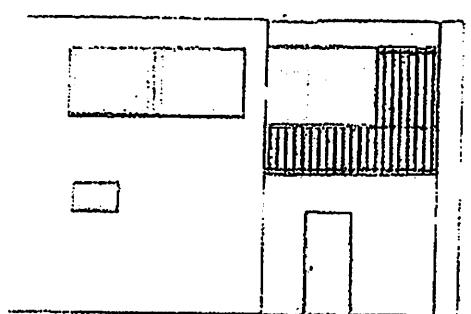
1. sezione costruttiva di una trancia significativa, dall'attacco a terra alla copertura (piana, non praticabile; interpiano m 3.00 per tutti i livelli; fondazioni superficiali), in scala 1:20;
2. progetto e dettagli costruttivi della chiusura orizzontale di copertura, con la verifica della trasmittanza massima ammissibile in relazione alle norme vigenti;
3. disegno della carpenteria e calcolo del solaio di copertura.



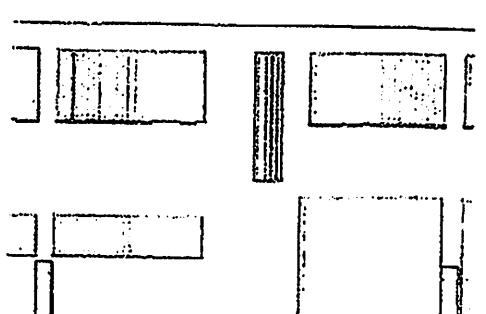
PIANTA PIANO TERRA SINGOLA UNITÀ



PIANTA PIANO PRIMO SINGOLA UNITÀ



PROSPETTO PRINCIPALE



PROSPETTO POSTERIORE



ESAME DI STATO PROFESSIONE INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE (SEZIONE A)  
1° SESSIONE 2019

PROVA PRATICA

TRACCIA N° 4

Con riferimento alla cartografia allegata, progettare il tracciato della strada extraurbana locale dalla sezione A (2456.92, 1232.94) alla sezione B (3576.62, 1666.04) caratterizzato dai seguenti dati piano-altimetrici:

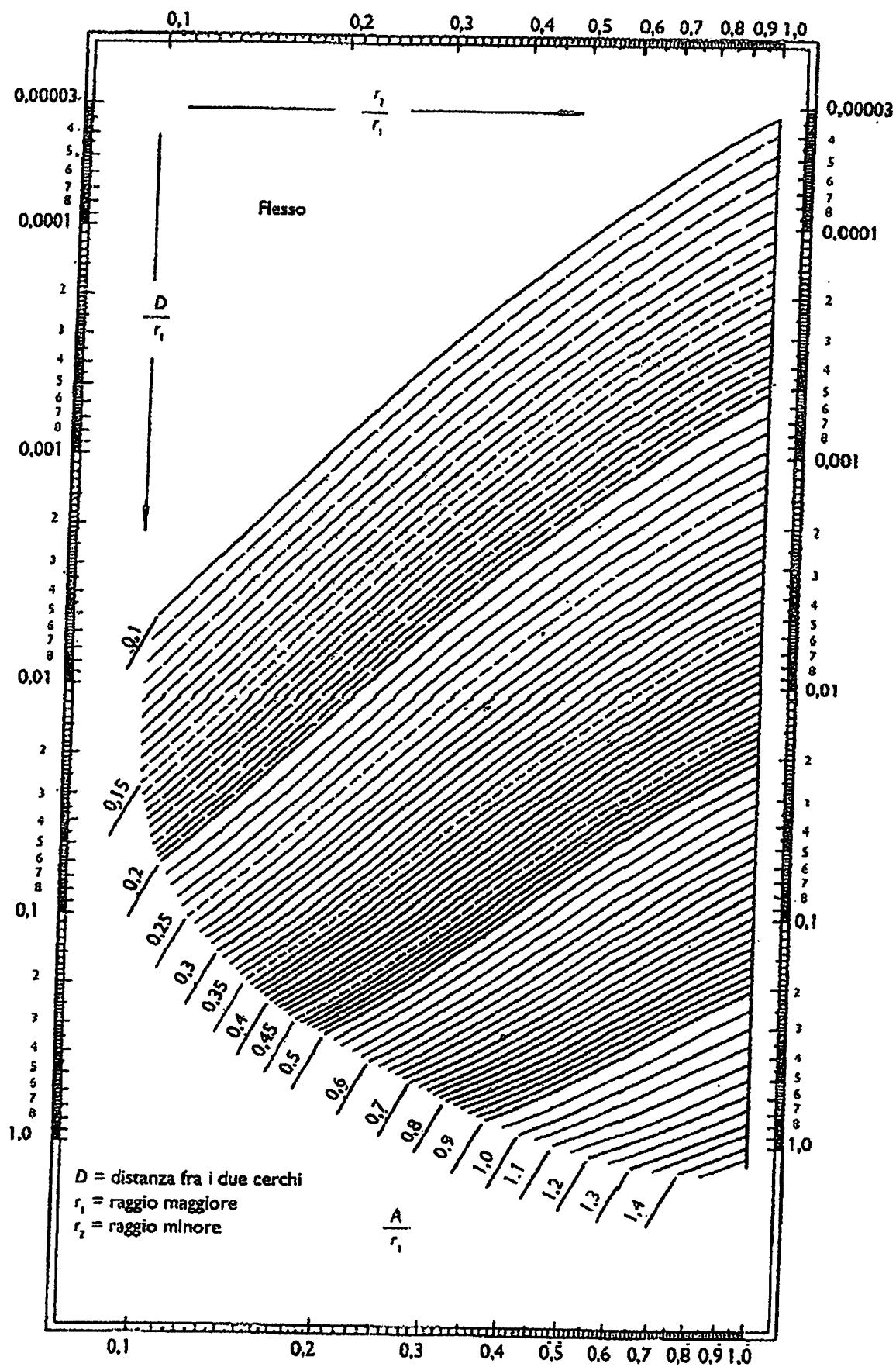
- parametri geometrici noti per gli elementi planimetrici:
  - Centro della circonferenza 1: C1 (2647.55, 881.28)
  - Curva circolare 2: R2 = 350 m;
  - Centro della circonferenza 2: C2 (3244.54, 1413.83)
  - Centro della circonferenza 3: C3 (3006.96, 1477.66)
- parametri geometrici noti per gli elementi altimetrici:
  - Quota progetto in A: Q<sub>A</sub> = 109.80 m
  - Pendenza livellata in A: p<sub>A</sub> : 3.5%
  - Quota progetto in B: Q<sub>B</sub> = 116.70 m
  - Pendenza livellata in B: p<sub>B</sub> : 3.5%

Risolvere la geometria planimetrica ed altimetrica del tracciato determinando tutti gli elementi necessari ed effettuando le verifiche rispetto alla velocità di progetto del tratto di strada facendo riferimento al DM 05-11-2001.

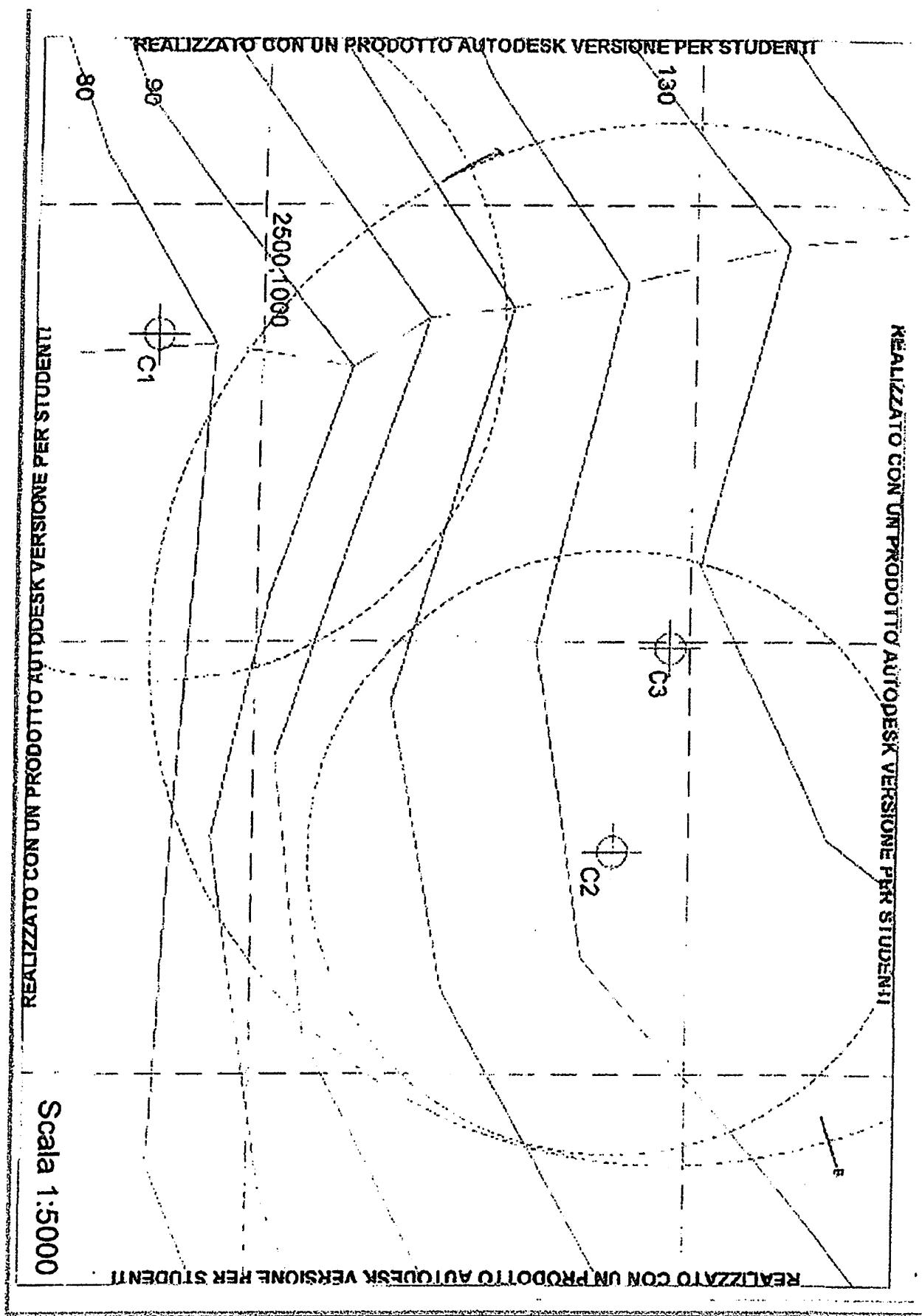
Disegnare la planimetria di tracciamento ed il profilo longitudinale (in scala a piacere), calcolando tutte le grandezze relative agli elementi geometrici utili per il tracciamento del tratto stradale.

Per il calcolo delle grandezze geometriche relative alla cloioide si possono utilizzare le formule approssimate.

TRACCIA N° 4 - allegato 1



TRACCIA N° 4 - allegato 3





ESAME DI STATO PROFESSIONE INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE (SEZIONE A)  
1° SESSIONE 2019

PROVA PRATICA

TRACCIA N° 5

In un capannone adibito ad impianto di trattamento meccanico-biologico di rifiuti è prevista l'installazione di un sistema di controllo incendi (rivelazione) realizzato mediante sensori ottici puntuali.

I sensori che realizzano il sistema di rivelazione provengono da differenti forniture (I, II e III) con probabilità di guasto dichiarate dal fornitore (fornitura I:  $p_I = 3.0 \cdot 10^{-3}$ ; fornitura II:  $p_{II} = 3.8 \cdot 10^{-3}$ ; fornitura III:  $p_{III} = 8.0 \cdot 10^{-3}$ ). La composizione è nota: fornitura I = 25%, fornitura III = 40%.

Il tempo di ritorno dell'evento iniziatore (incendio) è pari a:  $T_R(EI) = 10^3$  [anno]

Rispetto all'attivazione efficace del sistema di controllo dell'incendio è richiesto, per ogni posizione del focolaio interna alle aree d'influenza dei singoli sensori, il funzionamento di almeno due dei rivelatori attivi.

Ciò implica che lo schema realizzativo del sistema prevada una ridondanza minima dei dispositivi di rivelazione (sensori) di ordine 2.

Il rischio incendio può essere analizzato rappresentando l'evoluzione del flusso del pericolo (Event Tree Analysis - ETA) sulla base delle indicazioni di seguito riportate.

Per la probabilità dell'evento iniziatore si assume la condizione di equiprobabilità rispetto alla posizione del focolaio di incendio nell'area in esame.

Gli eventi esaminati per la rappresentazione dell'ETA sono di seguito indicati in successione logico-temporale:

- Sistema di rivelazione ed allarme incendio (di seguito Sottosistema 1);
- Sistema di spegnimento automatico (di seguito Sottosistema 2), dipendente dal sistema di rivelazione;
- Autosuccorso (fuga degli addetti) dipendente dai sistemi 1 e 2 (di seguito Sottosistema 3).

Per l'attribuzione delle probabilità di funzionamento del sistema di spegnimento automatico, si consideri:

- la probabilità di corretto funzionamento del sistema di spegnimento automatico, condizionata dall'attivazione manuale dello stesso (in caso di mancato funzionamento del sistema di rivelazione), assegnata:  $P(E_2 | \bar{E}_1) = 10^{-2.4}$   $P(E_2 | E_1)$

- la probabilità di malfunzionamento del sistema di spegnimento automatico, condizionata dal corretto funzionamento del sistema di rivelazione dell'incendio, è:  $P(\bar{E}_2 | E_1) = 1.5 \cdot 10^{-3}$ .

Ai fini della valutazione dell'efficacia dell'autosuccorso (capacità degli addetti di raggiungere un "luogo sicuro" rispetto alla pianificazione dell'emergenza predisposta nell'impianto) si consideri che l'evento è condizionato dalla risposta dei sottosistemi preposti alla rivelazione e allo spegnimento (Sottosistemi 1 e 2). In caso di corretto funzionamento di entrambi i sottosistemi 1 e 2, la probabilità dell'evento "efficacia dell'autosuccorso" vale:  $P(E_3 | E_1 \cap E_2) = 8.5 \cdot 10^{-1}$ .

In caso di mancato funzionamento di uno dei due sottosistemi 1 e 2, ai fini della valutazione della probabilità dell'evento "efficacia dell'autosuccorso", si consideri, in prima approssimazione, l'effetto dell'efficacia del sistema di rivelazione dell'incendio equivalente all'effetto dell'efficacia del sistema di spegnimento automatico:

$$P(E_3 | E_1 \cap \bar{E}_2) = P(E_3 | \bar{E}_1 \cap E_2) = 2.5 \cdot 10^{-1}$$

Infine, in caso di risposta inefficace dei sottosistemi 1 e 2, la probabilità dell'evento "efficacia dell'autosuccorso" vale:

$$P(E_3 | \bar{E}_1 \cap \bar{E}_2) = 4.0 \cdot 10^{-3}$$

Assumendo che:

La presenza di addetti all'interno dell'area di lavoro è determinata dallo svolgimento di due turni lavorativi giornalieri:

- turno lavorativo: 6.00-14.00 – con  $N = 8$  addetti
- turno lavorativo: 12.00-20.00 – con  $N = 6$  addetti
- turno lavorativo: 20.00-6.00 – con  $N = 4$  addetti

dove,  $N$  indica il numero di addetti presente all'interno dell'area di lavoro durante il turno.

La probabilità dell'evento  $\bar{E}_1$  (presenza di addetti nel capannone) sia coerentemente attribuita in funzione della durata dei turni (si assumano le giornate lavorative annue pari a 250).

- 1) Si calcoli la probabilità di malfunzionamento del sistema di controllo incendio rispetto alla posizione del focolaio considerata nell'analisi del problema.
- 2) Si fornisca una rappresentazione grafica dell'albero degli eventi, tenuto conto dell'Evento Iniziatore e dei Sottosistemi attivabili nella gestione del rischio.

3) Si valutino le probabilità di fine ramo che caratterizzano l'evoluzione del flusso del pericolo.

Per l'attribuzione del danno associato agli scenari di fine ramo, si consideri che, in caso di inefficacia dell'autosuccorso comunque condizionato, l'esito è sempre la morte di tutti i lavoratori presenti. In tutti gli altri casi non si registrano conseguenze per gli esposti.

- 4) Si calcoli il valore atteso della variabile aleatoria danno  $E[D]$
- 5) Si determini la distribuzione retrocumulata  $F(D) = P(D \geq D^*)$  della variabile aleatoria danno
- 6) Si verifichi l'accettabilità del rischio, definito un criterio di accettabilità.



ESAME DI STATO PROFESSIONE INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE (SEZIONE A)  
1° SESSIONE 2019

PROVA PRATICA

TRACCIA N° 6

Nell'ambito di una serie di lavori per la sistemazione di un torrente, occorre progettare una serie di briglie per il controllo dell'erosione dell'alveo e la stabilizzazione dei versanti.

L'elaborazione statistico-probabilistica dei dati pluviometrici di un pluviografo vicino ha la curva di possibilità pluviometrica, con tempo di ritorno pari a 50 anni (con  $h$  in mm e  $t$  in ore):  $h=23,64t^{0,36}$ .

Si proceda al dimensionamento della sistemazione, individuando il numero e la tipologia della briglia ritenuta idonea, sapendo che il bacino imbricato ad essa afferente presenta le seguenti caratteristiche:

- Superficie:  $8,5 \text{ km}^2$ ;
  - Lunghezza asta principale:  $2,3 \text{ km}$ ;
  - Altitudine media:  $785 \text{ m s.m.m.}$ ;
  - Quota sezione di chiusura:  $630 \text{ m s.m.m.}$ ;
- c che il materiale d'alveo è così caratterizzato:
- Diametro:  $d_{20} = 1,2 \text{ cm}$ ;
  - peso specifico:  $\gamma = 27000 \text{ N/m}^3$ ;
  - angolo di attrito:  $\varphi = 30^\circ$ ;
  - porosità:  $n = 0,35$ .

Si chiede:

1. la determinazione della pendenza di progetto;
2. il dimensionamento idraulico della gaveta;
3. il dimensionamento e la verifica statica della struttura, con rappresentazione grafica della planimetria e di alcune sezioni dell'opera.

Il candidato completi i dati forniti con tutti quelli che ritiene opportuni motivandone brevemente la necessità e la scelta dei valori corrispondenti.



ESAME DI STATO PROFESSIONE INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE (SEZIONE A)  
1° SESSIONE 2019

PROVA PRATICA

TRACCIA N° 7

Su un'area pianeggiante, per la realizzazione di un piazzale adibito a parcheggio, si rende necessaria la costruzione di un'opera di sostegno a parete verticale di altezza fuori terra di 4,5 m.

Il rilevato a tergo del muro sarà realizzato con terreno granulare non coesivo opportunamente compattato con le caratteristiche riportate in Tabella 1.

Il sovraccarico accidentale di progetto è di 20 kN/mq.

Il terreno di fondazione è costituito da limo argilloso sovraconsolidato di notevole spessore ( $> 30$  m). Le sue caratteristiche meccaniche sono riportate in Tabella 1.

La falda è posta a 1,5 m dal piano di campagna originale.

Il sito è zona sismica caratterizzata da  $a_g(g) = 0,15$  ed il terreno è classificabile di Tipo B.

Il candidato progetti l'opera di sostegno del tipo a mensola necessaria per costruire il piazzale

Esegua, inoltre, il dimensionamento strutturale di almeno un elemento del muro disegnandone lo schema dei ferri di armatura.

Illustri, infine, le modalità e fasi costruttive disegnando eventuali particolari ritenuti importanti.

I dati eventualmente mancanti dovranno essere assunti in accordo con il quadro conoscitivo presentato.

L'elaborato finale dovrà contenere:

- Relazione illustrativa con la presentazione di tutte le problematiche progettuali
- Relazione di calcolo con le verifiche richieste
- Disegni progettuali con particolari esecutivi e fasi di lavoro

Tabella 1: Caratteristiche geotecniche dei materiali

Strato	Litotipo	$\gamma$ kN/mc	$c_u$ kPa	$c'$ kPa	$\phi'$ (°)	OCR	$C_c$	$C_r$	$c_v$ mq/s	k m/s
1	Terreno da rilevato	20,00	-	0,00	39,00	1,00	-	-	-	$1,0 \times 10^{-3}$
2	Limo argilloso	17,00	50,00	0,00	28,00	1,50	0,25	0,04	$4,0 \times 10^{-8}$	$1,0 \times 10^{-8}$



ESAME DI STATO PROFESSIONE INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE (SEZIONE A)  
1° SESSIONE 2019

PROVA PRATICA

TRACCIA N° 8

Si consideri un centro abitato di 300.000 abitanti equivalenti, localizzato in area sensibile secondo la vigente normativa e dotato di una rete di fognatura a sistema separato, nel quale debba essere realizzato un impianto di trattamento delle acque reflue che consenta il rispetto dei limiti allo scarico del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.

La/il Candidata/o assuma a propria descrizione un valore di apporto pro capite di inquinanti (BOD<sub>x</sub>, COD, SST, N-NH<sub>x</sub>, P) e degli ulteriori dati che ritiene utili, motivandone la scelta, e proceda al dimensionamento delle unità di pretrattamento, di trattamento primario e di trattamento secondario. Dopo aver scelto una posizione piano-altimetrica delle unità di impianto dimensionate e del corpo idrico ricevitore, la/il Candidata/o ne rappresenti il profilo idraulico e proceda al dimensionamento del sollevamento di testa.

La/il Candidata/o assuma a sua discrezione, motivando le scelte, ulteriori dati che ritiene utili ai fini della progettazione.



ESAME DI STATO PROFESSIONE INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE (SEZIONE A)  
1° SESSIONE 2019

PROVA PRATICA

TRACCIA N° 9

Una città è composta da cinque zone con le seguenti caratteristiche socio-economiche:

Tabella 1: Caratteristiche socio-economiche della città in analisi

ZONA	N. CASE	N. AUTO	N. FAMIGLIE	MEDIA MEMBRI FAMIGLIA	POP	LAVORATORI FULL TIME	LAVORATORI PART TIME	TOT. LAVORATORI	STUDENTI	LAVORATORI UFFICIO	LAVORATORI NEL COMPARTO VENDITE E SERVIZI	LAVORATORI NEL COMPARTO COSTRUZIONI E ARTIGIANI
1	284	229	243	3,81	933	364	107	471	358	51	203	217
2	151	145	148	2,57	380	222	65	287	67	54	87	145
3	242	244	237	3,73	884	365	101	459	328	126	87	246
4	87	109	74	2,23	155	111	33	144	14	36	46	62
5	13	32	18	3,16	57	27	8	35	17	8	12	15

Calcolare:

- Il valore degli spostamenti totali generati da ogni zona sulla base della classificazione di Tabella 2 (usare il valore più prossimo);
- Attraverso la regressione lineare, gli spostamenti attratti da ogni zona (utilizzare i coefficienti riportati in Tabella 3);
- Utilizzando lo schema riportato in Figura 1 e l'Algoritmo di Dijkstra calcolare il percorso minimo per andare da ogni zona verso ogni zona;
- Realizzare la Matrice OD della città in analisi utilizzando il Gravity Model (vincolato alla generazione). Come costi di spostamento adoperare quelli riportati in Figura 1.
- Con i valori ricavati dal Gravity Model del punto 4, effettuare l'assegnazione del traffico con il Modello Tutto-o-Niente.

Tabella 2: Cross-classification degli spostamenti medi giornalieri per abitante

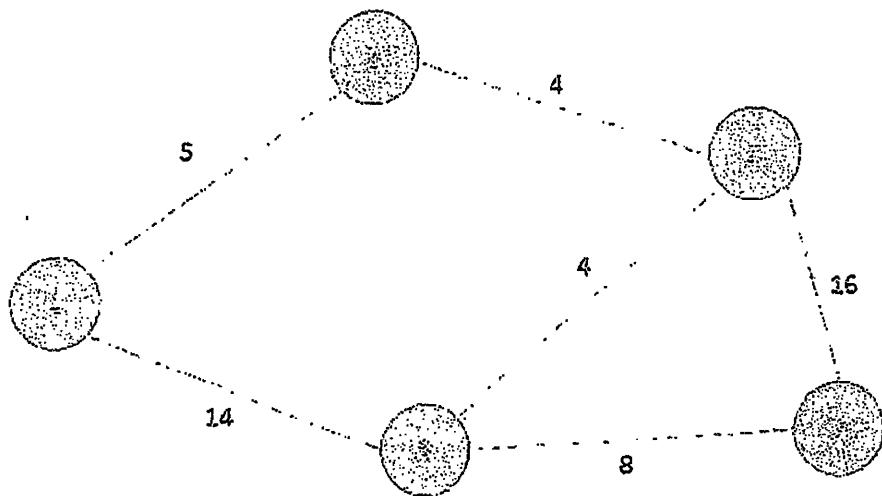
AUTO/FAMIGLIE	MEDIA MEMBRI FAMIGLIA	CASA-LAVORO	CASA-ALTRO	NON DA CASA
0	2,2	0,483	1,050	0,567
0,5	2,6	0,900	1,872	0,828
0,7	2,3	0,990	2,395	0,978
0,9	2,7	1,325	2,756	1,219
0,9	3,5	1,124	2,569	1,112
1	2,3	1,449	4,071	1,380
1	3,5	1,367	3,910	1,221
1,3	2,8	1,311	4,278	1,311
1,5	2,5	1,486	4,315	1,396
1,7	3	1,411	4,290	1,311

## TRACCIA N° 9 - allegato 1

Tabella 3: Coefficienti regressione lineare

R_famiglia	0,1033
R_lavoro ufficio/professionale	1,2341
R_lavoro artigiano	1,3089
R_lavoro verde e servizi	1,2321

Figura 1: Grafo della città in analisi



### FORMULARIO:

- Funzione di costo del Gravity Model

$$f(C_{od}) = e^{-\beta \cdot C_{od}}$$

$\beta=0,1$