

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Facoltà di Ingegneria  
Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere  
II sessione 2011

Sezione A - Laurea Specialistica - Settore civile e ambientale

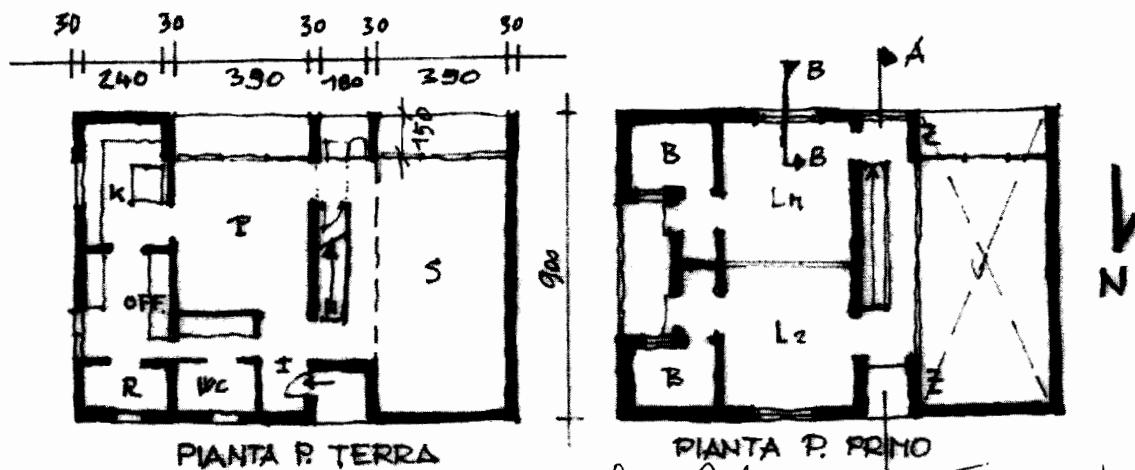
IV Prova pratica per la classe 4/s  
Ingegneria delle Costruzioni Edili

Date le piante sottostanti, rappresentanti in scala 1:200 due livelli di una casa unifamiliare, si richiedono gli elaborati di seguito indicati:

- in scala 1:100  
Prospecto sud. Sezione verticale A/A, sulla scala, quotata nelle dimensioni significative;
- in scala 1:10  
Sezione costruttiva verticale B/B, corrispondente al disegno elaborato per il prospetto sud, con rappresentati in dettaglio i nodi solaio copertura-tamponatura verticale-infisso-tamponatura verticale-solaio intermedio-vetrata ambiente pranzo, con le indicazioni degli spessori e natura dei materiali impiegati per realizzare strutture murarie capaci di garantirne il corretto funzionamento.

Si richiede inoltre:

- Calcolo delle trasmittanze, verifica della conformità alla normativa vigente, dei manufatti rappresentati nella sezione costruttiva di cui al punto precedente.
- Determinata la conformazione strutturale del telaio Z/Z, eseguire il dimensionamento, le verifiche strutturali di legge, il calcolo delle armature, della trave del solaio di copertura nelle condizioni di esercizio.



# Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

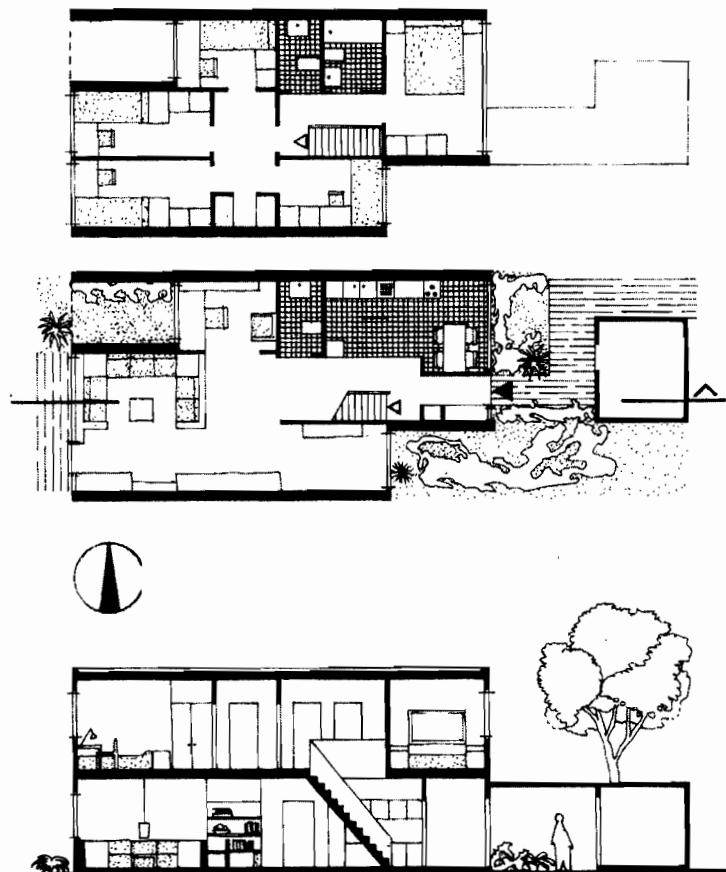
Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere - II sessione 2011

Ingegneria Edile Architettura n.o.

## TEMA N. 1

Sulla base dello schema di progetto (rapp. circa 1:200) di seguito illustrato relativo ad un insieme di case unifamiliari a schiera da realizzarsi nell'area romana, il candidato presenti una propria completa proposta di apparecchiatura costruttiva che comprenda:

1. traccia del prospetto ovest e relativa sezione, dall'attacco a terra alla copertura, in scala 1:10
2. dettaglio costruttivo della chiusura orizzontale in conformità alla normativa vigente sul risparmio energetico;
3. pianta 1:100 della copertura con indicazione delle pendenze e della posizione dei pluviali;
4. disegno 1:50 della carpenteria del primo piano, con esclusione della scala.
5. calcolo del solaio di copertura



*[Handwritten signature]*

Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

**Facoltà di Ingegneria**  
**Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere**  
**Il sessione 2011**

Sezione A - Laurea Specialistica - Settore civile e ambientale

IV Prova pratica per la classe 4/s  
**Ingegneria delle Costruzioni Edili**

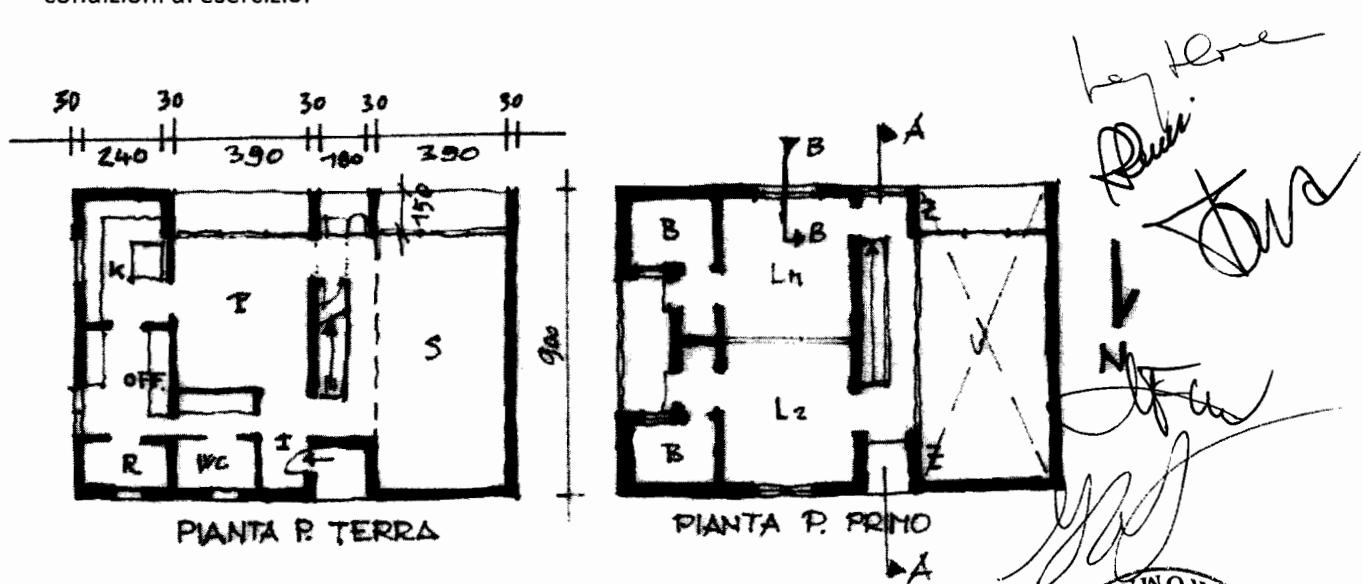
TEMA n. 2

Date le piante sottostanti, rappresentanti in scala 1:200 due livelli di una casa unifamiliare, si richiedono gli elaborati di seguito indicati:

- in scala 1:100  
Prospetto sud. Sezione verticale A/A, sulla scala, quotata nelle dimensioni significative;
  - in scala 1:10  
Sezione costruttiva verticale B/B, corrispondente al disegno elaborato per il prospetto sud, con rappresentati in dettaglio i nodi solaio copertura-tamponatura verticale-infissi-tamponatura verticale-solaio intermedio-vetrata ambiente pranzo, con le indicazioni degli spessori e natura dei materiali impiegati per realizzare strutture murarie capaci di garantirne il corretto funzionamento.

Si richiede inoltre:

- Calcolo delle trasmittanze, verifica della conformità alla normativa vigente, dei manufatti rappresentati nella sezione costruttiva di cui al punto precedente.
  - Determinata la conformazione strutturale del telaio Z/Z, eseguire il dimensionamento, le verifiche strutturali di legge, il calcolo delle armature, della trave del solaio di copertura nelle condizioni di esercizio.



**Università degli Studi di Roma “La Sapienza”**

Esame di Stato per l’Abilitazione alla Professione di Ingegnere

II sessione 2011

**SEZIONE A – LAUREA SPECIALISTICA  
SETTORE CIVILE E AMBIENTALE**

Prova pratica per la classe 28/S Ingegneria Civile

Ingegneria dei Sistemi di Trasporto

**Prestazioni dei veicoli e potenzialità di una linea ferroviaria con circolazione eterotachica.**

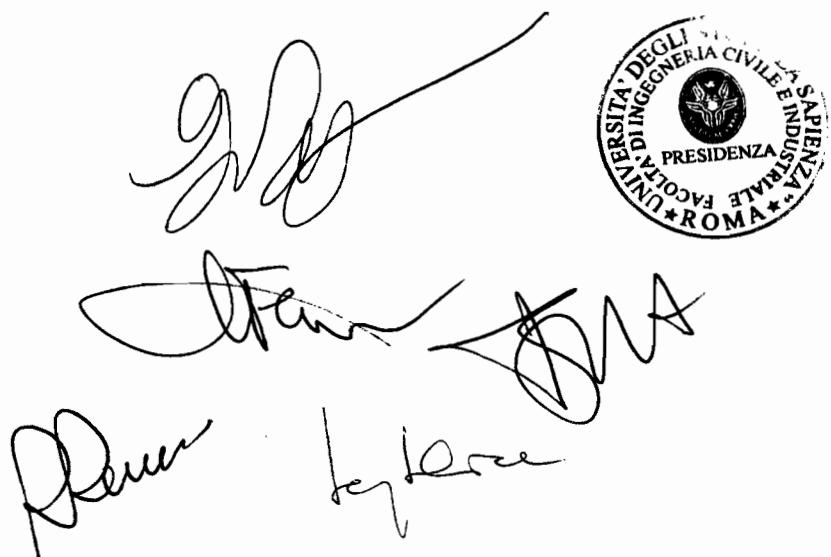
Una linea ferroviaria a doppio binario è percorsa da treni regionali che effettuano tutte le fermate e da treni interregionali che fermano solo alle stazioni terminali. Nel periodo di punta i treni regionali si susseguono con un cadenzamento di 15 minuti per senso di marcia.

Sulla linea esiste un sistema di distanziamento caratterizzato da sezioni di blocco della lunghezza di 2 km e da un segnalamento a 3 aspetti.

Si richiede di inserire fra due treni regionali il maggior numero possibile di tracce di treni interregionali e di definire la potenzialità della linea in queste condizioni di esercizio.

Si tenga presente che le tracce dei treni interregionali vanno inserite senza subire alterazioni di marcia se non quelle dovute alla limitazione di velocità durante il transito nelle stazioni.

La zona di rallentamento in stazione si estende da 0,5 km prima dell’asse del FV fino a 0,5 km dopo.



The image shows three handwritten signatures in black ink, likely belonging to the professor or examiners, positioned at the bottom of the page. To the right of the signatures is a circular official seal of the University of Rome 'La Sapienza'. The seal is inscribed with the text 'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA"', 'FACOLTÀ DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE', 'PRESIDENZA', and 'SAPIENZA INDUSTRIALE'. The seal also features a central emblem with a torch and wings.

<b>Caratteristiche di una linea ferroviaria regionale</b>		
<b>Caratteristiche del treno regionale</b>		
Tara	210	t
Percentuale delle masse rotanti rispetto alla tara	10	%
Posti totali	840	
Potenza di trazione oraria al cerchione per $V_o \leq V \leq V_{max}$	3400	kW
Forza di trazione massima al cerchione in avviamento per $0 \leq V \leq V_o$	214	kN
Velocità massima	140	km/h
Decelerazione di servizio del treno per $0 \leq V \leq V_{max}$	0,8	m/s <sup>2</sup>
Resistenza specifica al moto (V espressa in [km/h])	$1,9 + 0,00026V^2$	N/kN
<b>Treno interregionale</b>		
Composizione	1 locomotiva + 10 carrozze	
Velocità massima	160	km/h
Decelerazione di servizio del treno per $0 \leq V \leq V_{max}$	0,6	m/s <sup>2</sup>
Resistenza specifica al moto (V espressa in [km/h])	$2 + 0,00028V^2$	N/kN
<b>Locomotiva</b>		
Tara	86	t
Percentuale delle masse rotanti rispetto alla tara	13	%
Potenza di trazione continuativa al cerchione per $V_o \leq V \leq V_{max}$	5600	kW
Forza di trazione massima al cerchione in avviamento per $0 \leq V \leq V_o$	255	kN
Lunghezza	18,9	m
<b>Carrozza</b>		
Tara	46	t
Percentuale delle masse rotanti rispetto alla tara	10	%
Posti	70	
Lunghezza	26,4	m
<b>Caratteristiche della linea</b>		
Distanza media fra le fermate	10	km
Lunghezza della linea	50	km
Velocità di transito in stazione	60	km/h
<b>Caratteristiche dell'esercizio</b>		
Tempo di sosta alle fermate intermedie	2	minuti
Massa del passeggero	75	kg

Handwritten signatures of three individuals: 'L. Pesci', 'G. Sestini', 'R. D'Amato', and 'G. Sestini' (repeated). To the right of the signatures is a circular university seal.





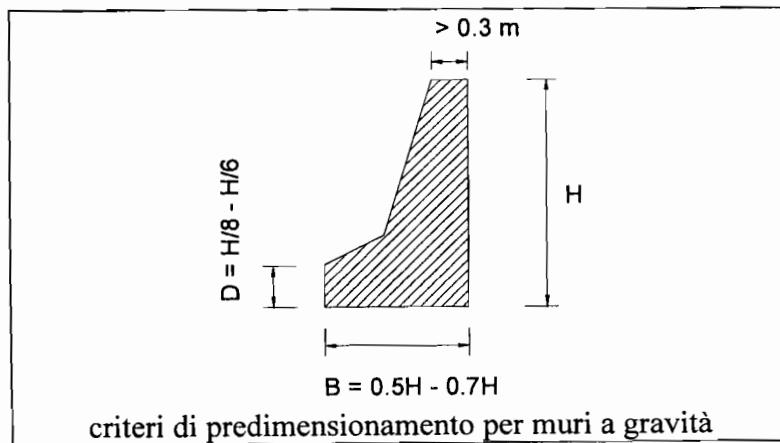
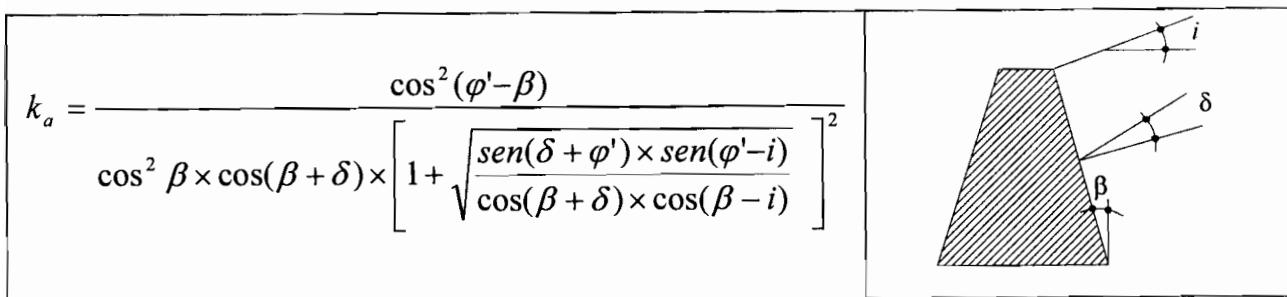
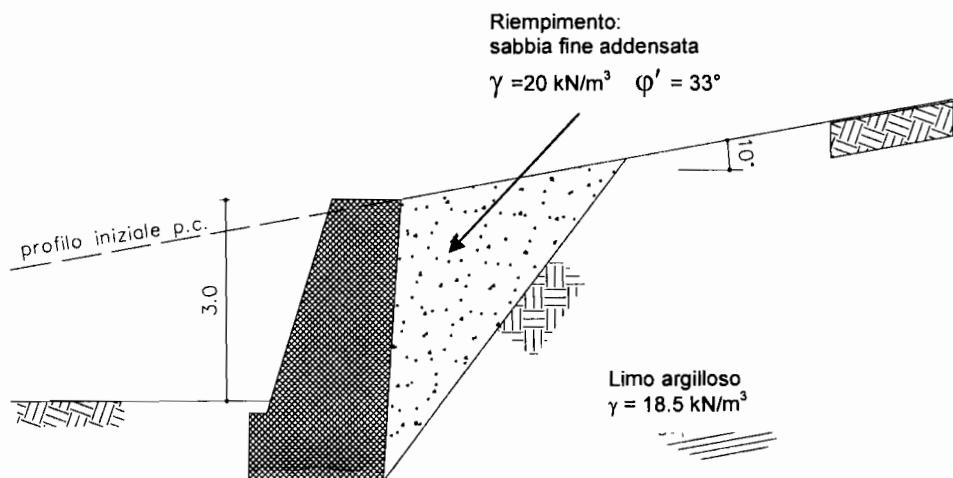
Università degli Studi di Roma "La Sapienza"  
Facoltà di Ingegneria  
Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere  
II Sessione 2011 - Settore Civile Ambientale  
Prova Pratica per la classe 38/s Ingegneria Civile

Si richiede lo svolgimento di uno dei seguenti temi, a scelta del candidato:

**Tema n. 1**

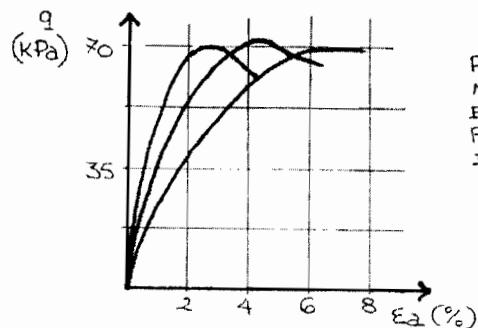
Si richiede il progetto del muro di sostegno a gravità illustrato in figura.

Le proprietà meccaniche dei terreni di fondazione possono essere ricavate analizzando i risultati delle prove di laboratorio allegati.

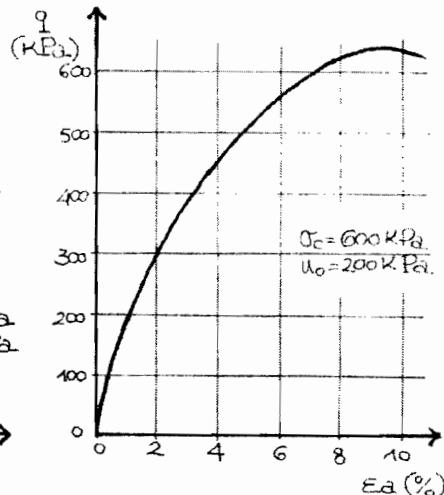
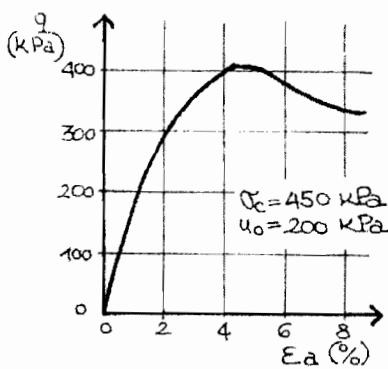
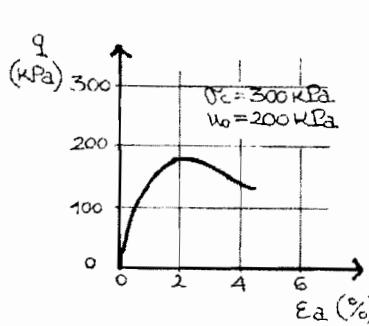




Università degli Studi di Roma "La Sapienza"  
Facoltà di Ingegneria  
Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere  
II Sessione 2011 - Settore Civile Ambientale  
Prova Pratica per la classe 38/s Ingegneria Civile



PROVA TRIASSIALE  
NON CONSOLIDATA - NON DRENATA  
EFFETTUATA SU UN CAMPIONE  
PRELEVATO A PROFONDITÀ  
 $z = 2.5$  m.



PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA - DRENATA EFFETTUATA SU TRE  
PROVINI PRELEVATI A PROFONDITÀ  $z = 2.5$  m.  
( $\sigma_c$  = PRESSIONE DI CELLA;  $u_0$  = PRESSIONE DI RIFERIMENTO)

## Tema n. 2

Per la realizzazione del piano cantinato di un edificio deve essere eseguito uno scavo della profondità di 4.0 m, sostenuto da una paratia. La pressione media trasmessa dall'edificio al piano di posa delle fondazioni, coincidente con il fondo scavo, è pari a 50 kPa.

Si richiede il progetto della paratia, e in particolare:

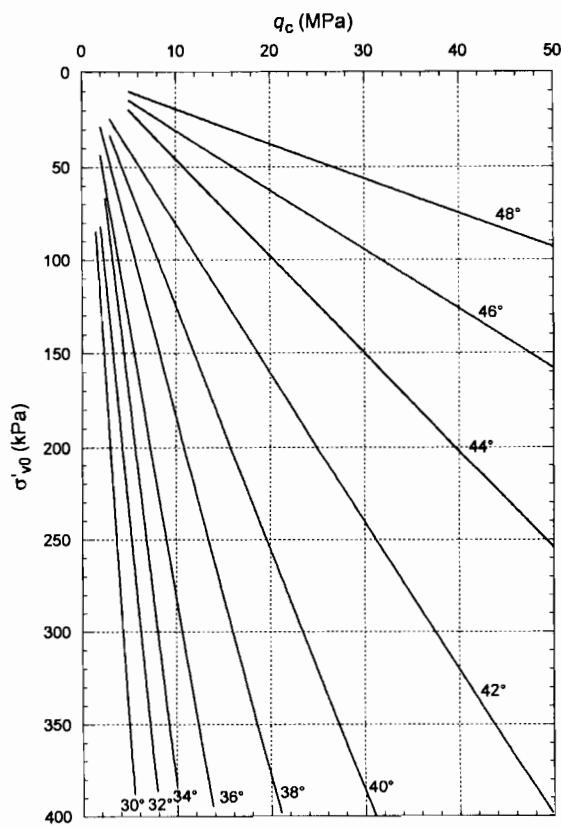
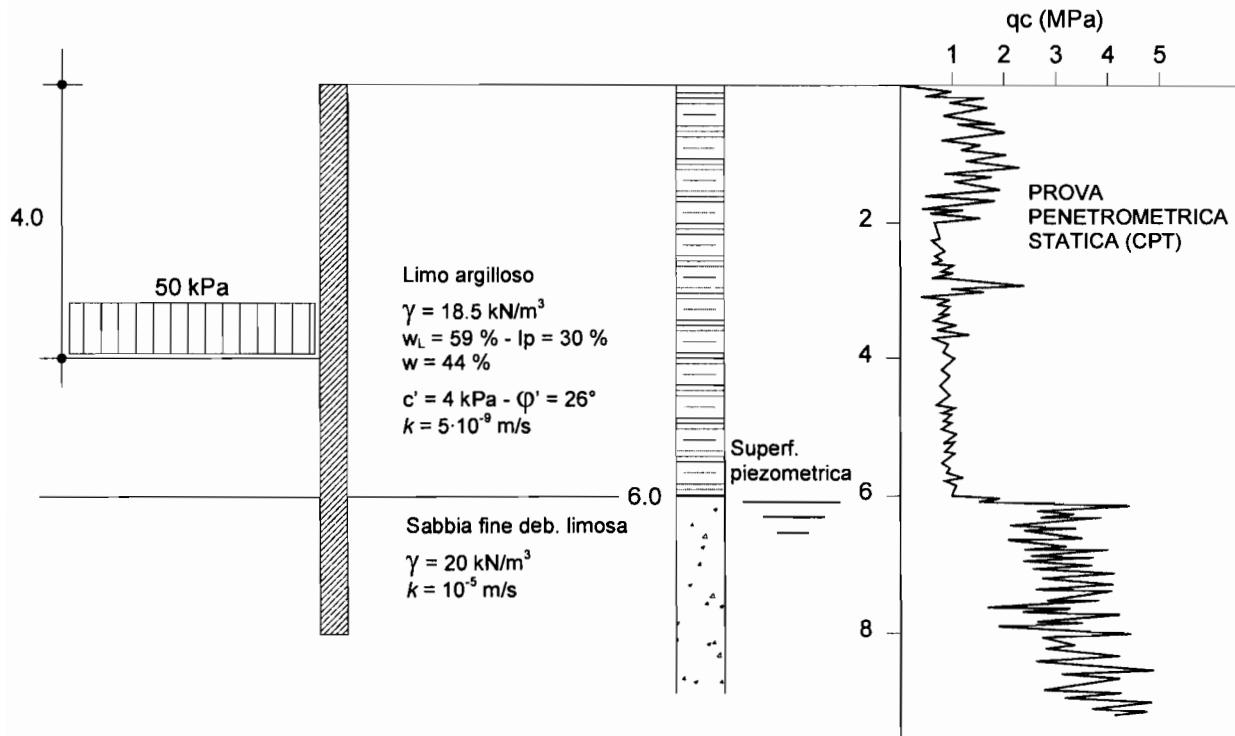
- la determinazione della tipologia e delle dimensioni della paratia;
- l'indicazione della sequenza delle operazioni necessarie per la realizzazione dell'opera;
- la valutazione della sicurezza dell'opera in corrispondenza delle fasi costruttive più critiche;



*[Handwritten signatures and initials are present over the stamp]*



Università degli Studi di Roma "La Sapienza"  
Facoltà di Ingegneria  
Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere  
II Sessione 2011 - Settore Civile Ambientale  
Prova Pratica per la classe 38/s Ingegneria Civile



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI CIVILI E INDUSTRIALI "LA SAPIENZA" ROMA  
RESIDENZA TRIVULZIO  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA  
STUDIO DI INGENIERIA CIVILE

**ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE PROFESSIONALE**  
**INGEGNERIA CIVILE**  
**STRUTTURE**  
**LAUREA SPECIALISTICA**  
**LAUREA MAGISTRALE**  
**Sessione di Novembre 2011**

TEMA N. 3

SI DEVE REALIZZARE UNA STRUTTURA CON PIANTA E SEZIONE COME IN FIGURA.  
 IL SOLAIO DI COPERTURA E' IN LATERO-CEMENTO.

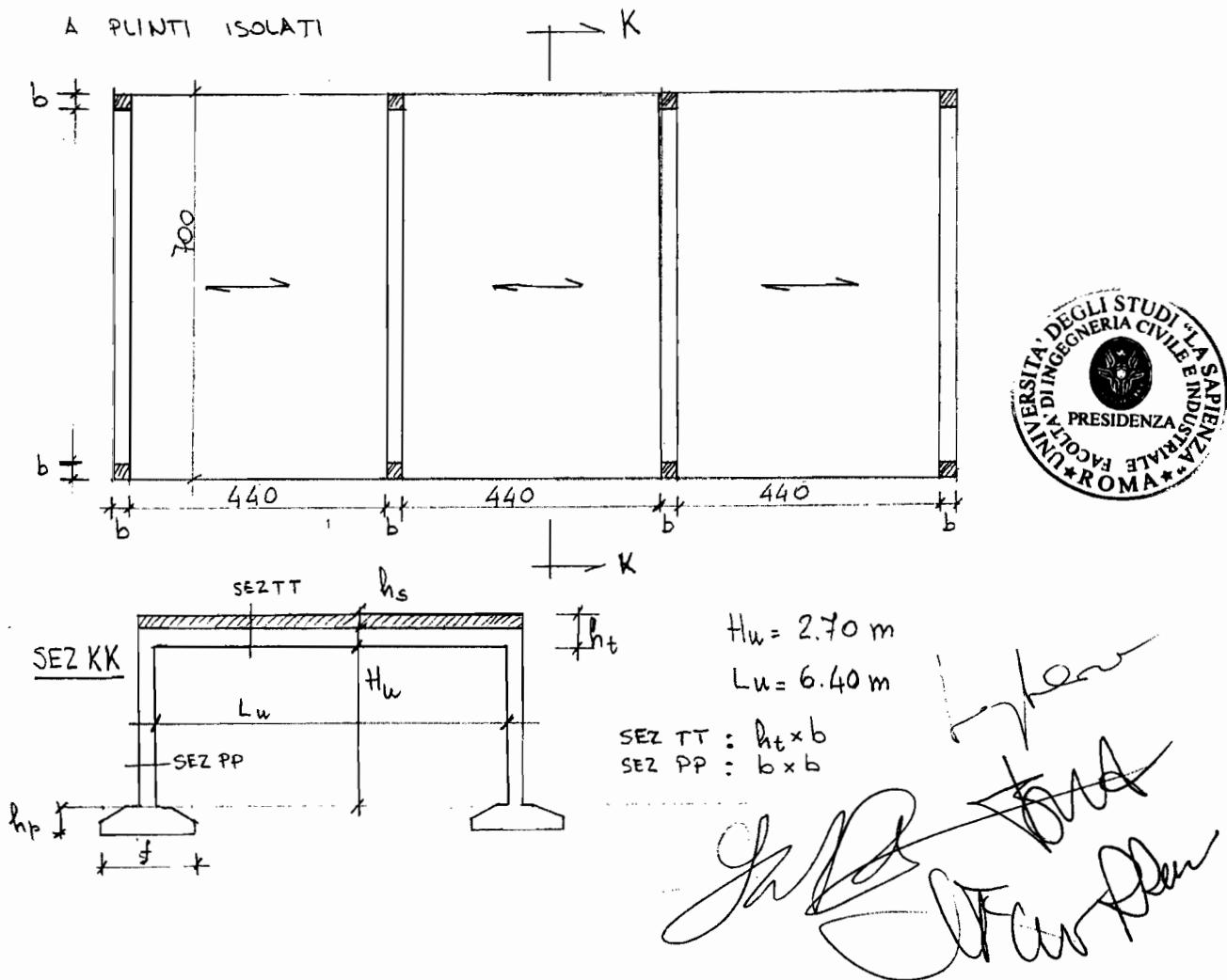
SI CONSIDERI UNA TENSIONE MASSIMA DI COMPRESSIONE SUL TERRENO DI  $\gamma = 1\text{Kg/cmq}$ .

1. DIMENSIONARE: UN PLINTO ( $f \times f$  ;  $h_p$ ), UN PILASTRO ( $b \times b$ ) , UNA TRAVE ( $h_t \times b$ ) E IL SOLAIO ( $h_s$ ).
2. DISEGNARE CARPENTERIA ED ARMATURA IN SCALA 1:50 e 1:20 DI:  
 PLINTO, PILASTRO, TRAVE E SOLAIO, NODO TRAVE SOLAIO.

LE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ACCIAIO E CLS SONO A SCELTA DEL CANDIDATO.

DEFINIRE IL PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA PER AGGIUNGERLO AL CARICO ACCIDENTALE DI 700 kg/mq UNIFORMEMENTE DISTRIBUITO.

LA STRUTTURA NON E' UBICATA IN ZONA SISMICA.



# Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Facoltà di Ingegneria

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegner

Il sessione 2011

Sezione A – Laurea Specialistica/Magistrale – Settore civile e ambientale

Prova pratica per la classe 28/S Ingegneria Civile

## TEMA N.4

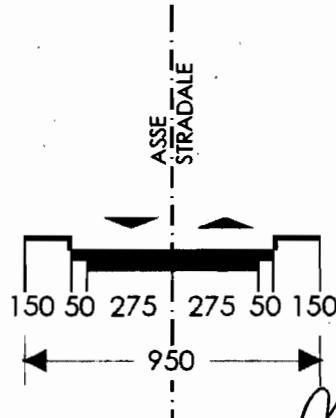
Si consideri il tratto di strada urbana da A a E rappresentato nella cartografia allegata. Limitatamente a questo tratto ricostruire con precisione grafica il profilo altimetrico della strada. Si richiede inoltre il progetto piano-altimetrico, a livello preliminare, dell'adeguamento geometrico tra i punti B e D redigendo, in opportuna scala, i seguenti elaborati progettuali:

- planimetria generale;
- planimetria di tracciamento;
- profilo longitudinale;
- sezioni tipo;
- sezioni correnti (nei punti notevoli del tracciato planimetrico);
- breve relazione generale.

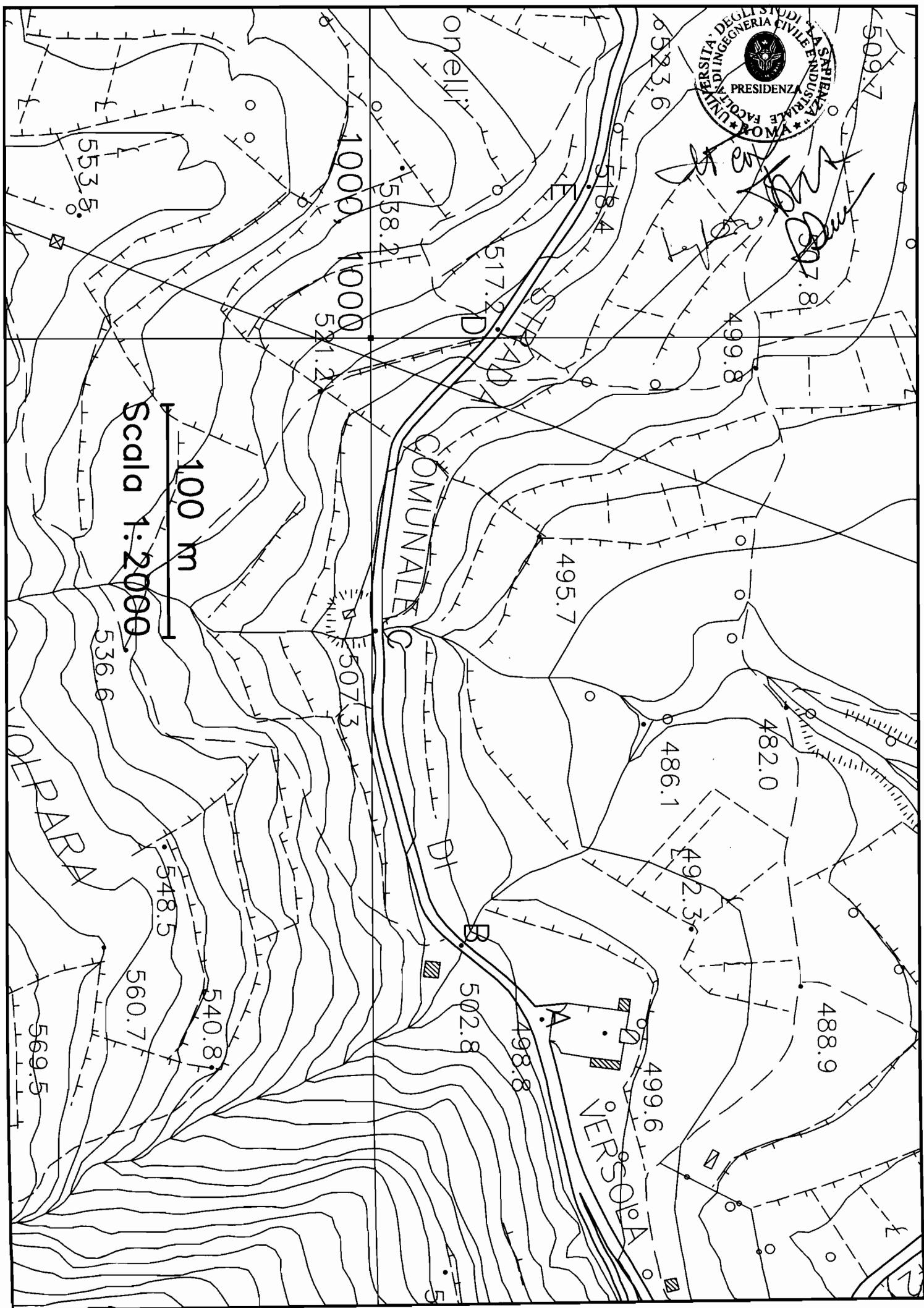
Tutti i dati progettuali non precisati possono essere assunti liberamente in maniera coerente con gli altri dati. Nel tratto in progetto è necessario inserire una sola curva planimetrica ed almeno due raccordi altimetrici.

Sezione stradale da adottare (DM 05-11-2001)

Soluzione base a 2 corsie di marcia



*before*  
*Man*  
*Renzo*



# Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

## Facoltà di Ingegneria

### Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere

II sessione 2011

Sezione A – Laurea Specialistica – Settore civile e ambientale

#### Prova pratica per la classe 28/S Ingegneria Civile

#### TEMA N. 5

Nell'ambito di una serie di lavori per la sistemazione di un torrente di montagna, è da 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 una vicina stazione di misura ha fornito la seguente curva di possibilità pluviometrica, con tempo di ritorno pari a 50 anni (con  $h$  in mm e  $t$  in ore):  $h=30,45t^{0,32}$ .

Il candidato proceda al dimensionamento della briglia di valle, sapendo che il bacino ad essa afferente presenta le seguenti caratteristiche:

- Superficie:  $11,2 \text{ km}^2$ ;
  - Lunghezza asta principale:  $4,1 \text{ km}$ ;
  - Altitudine media:  $785 \text{ m s.m.m.}$ ;
  - Quota sezione di chiusura:  $685 \text{ m s.m.m.}$ ;
- e che il materiale d'alveo è così caratterizzato:
- Diametro:  $d_{90} = 1,8 \text{ cm}$ ;
  - peso specifico:  $\gamma = 27500 \text{ N/m}^3$ ;
  - angolo di attrito:  $\varphi = 30^\circ$ ;
  - porosità:  $n = 0.30$ .

Si chiede:

5. la determinazione della pendenza di progetto;
6. il dimensionamento idraulico della gavetta;
7. il dimensionamento statico;
8. la 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.



# Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

## Esame di Stato per l’Abilitazione alla Professione di Ingegnere

II sessione 2011

### SEZIONE A – LAUREA SPECIALISTICA SETTORE CIVILE-AMBIENTALE

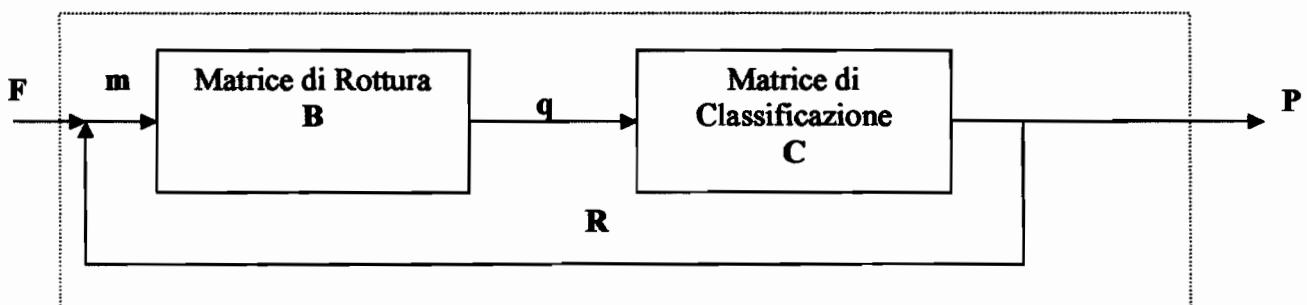
#### Ingegneria per l’ambiente e il territorio; Ingegneria dell’Ambiente per lo Sviluppo Sostenibile IV Prova scritta

##### Tema n. 1

Su di un materiale caratterizzato da un  $D80 = 105\text{mm}$  e da una distribuzione granulometrica in alimentazione come da Tabella 1 sono state condotte in laboratorio prove di frantumazione attraverso l’utilizzo di un Cone-Crusher di cui in figura 1 è dato il modello matematico dove  $B$  sia la matrice di rottura e  $C$  la matrice di classificazione interna.

**Tabella 1**

Dimensioni (mm)	Peso (%) = $f$
-200+100	22
-100+50	36
-50+25	16
-25+12,5	14
-12,5	12



**Figura 1: Modello matematico del Cone- Crusher**

$$B = \begin{vmatrix} 0.74 & & & & \\ 0.15 & 0.74 & & & \\ 0.10 & 0.17 & 0.70 & & \\ 0.05 & 0.13 & 0.20 & 0.51 & \end{vmatrix}$$

$$C = \begin{vmatrix} 1 & & & & \\ 0 & 0.9 & & & \\ 0 & 0 & 0.6 & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \end{vmatrix}$$



Il candidato determini:

- la distribuzione granulometrica del prodotto della frantumazione (**P**)

$$P = (I - C) B * (I - BC)^{-1} * F$$

calcolare il  $d_{80}$  in uscita;

- il rapporto di riduzione.

*legge*  
*gry*  
*Stefan*  
*Stefan*



**Università degli Studi di Roma “La Sapienza”**

**Esame di Stato per l’Abilitazione alla Professione di Ingegnere**

**II sessione 2011**

**SEZIONE A – LAUREA SPECIALISTICA  
SETTORE CIVILE-AMBIENTALE**

**Ingegneria per l’ambiente e il territorio; Ingegneria dell’Ambiente per lo  
Sviluppo Sostenibile**  
**IV Prova scritta**

**Tema n. 9**

Dopo aver assunto opportuni valori dei parametri a base dei calcoli e aver fornito una motivazione delle scelte effettuate, il candidato determini il carico inquinante, espresso in termini di BOD<sub>5</sub>, COD, SST, N-NH<sub>3</sub> e P, di un refluo generato da un centro abitato con una popolazione equivalente di 200.000 abitanti e servito da fognatura di tipo misto.

Il candidato dimensioni dunque le unità di trattamento secondario e l’unità di disinfezione della linea acque dell’impianto di depurazione asservito al centro abitato, nell’ipotesi che lo scarico ricada in area non sensibile ai sensi della vigente normativa, assumendo a sua discrezione, motivandone la scelta, i dati che ritiene utili ai fini della progettazione.

Si eseguano inoltre i calcoli strutturali relativi alle pareti della vasca biologica della linea acque, nell’ipotesi che questa sia realizzata in un deposito di terreno limo-sabbioso caratterizzato dai seguenti valori dei parametri geotecnici: ( $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$ ;  $c' = 0$ ;  $\phi' = 26$  e che il livello della falda sia a quota -0,30 cm dal piano campagna.



*[Handwritten signatures and initials follow, including 'G. Sili', 'F. Mazzoni', 'L. Leonardi', and 'D. Leonardi']*

# ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

## PROVA PRATICA

II Sessione 2011

**Laurea Magistrale Ingegneria della sicurezza e protezione civile – Indirizzo Civile Ambientale**  
Traccia 1

Il cronoprogramma di un cantiere prevede l'attività di lavoro in elevazione su un ponteggio a tre livelli alle altezze di 4, 8 e 12 metri da terra per la squadra A, come schematizzato nella figura a fianco.

Sono previsti 500 turni (da 8 ore) di lavoro, di cui 200 (turni) al livello 12 metri e i restanti in parti uguali sui livelli 8 e 4 metri.

Al piede del ponteggio lavora il personale della squadra B per tutta la durata delle lavorazioni della squadra A.

Gli addetti della squadra B sono esposti al pericolo di schiacciamento nell'eventualità di caduta del carico sospeso al braccio del montacarichi. Nell'area di possibile caduta del carico, pari a  $100\text{m}^2$ , risultano esposti in media 4 addetti della squadra B in posizioni sempre disgiunte. L'area di influenza efficace dell'impatto del carico è pari a  $1\text{m}^2$ .

Dalle elaborazioni statistiche INAIL è disponibile il dato stimato del numero medio di movimenti da un'altezza generica di seguito indicata:

$$n_{\text{movimenti}} = 10^3 [1/1000 \text{ ore lavorate}]$$

Nel cantiere sono state adottate tre distinte misure di Prevenzione e Protezione denominate M1, M2 ed M3 allo scopo di ridurre la Probabilità di caduta del carico sospeso.

La caduta si verificherà ( $P_{\text{cm}}$ ) quando le misure M1 (gancio di movimentazione), M2 (fune di sicurezza) risulteranno simultaneamente inefficaci, mentre il carico raggiungerà il suolo se risulterà inefficace anche la misura M3 (mantovana parasassi).

Denominiamo  $\overline{M1}$ ,  $\overline{M2}$ ,  $\overline{M3}$ , gli eventi corrispondenti alla inefficacia di ciascuna delle tre misure rispettivamente.

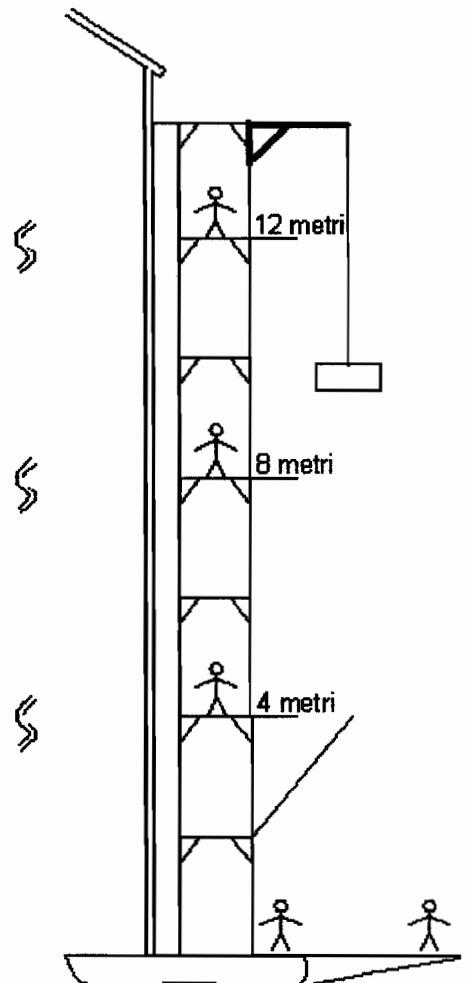
Sono dati i seguenti valori:

- $P(\overline{M1}) = 8.7 \cdot 10^{-6} (1/n_{\text{movimenti}})$
- $P(\overline{M2}) = 9 \cdot 10^{-5} (1/n_{\text{movimenti}})$
- $P(\overline{M3} / \overline{M1} \cap \overline{M2}) = 1 \cdot 10^{-1}$

Gli eventi  $\overline{M1} \cap \overline{M2}$  si assumono indipendenti.

Si calcoli:

- la probabilità di caduta del carico;
- la probabilità di impatto a terra del carico;
- la probabilità dell'evento schiacciamento in corrispondenza delle altezze di caduta 12, 8 e 4 metri.



Dalle statistiche infortuni INAIL che riguardano l'indice di gravità del danno [D] corrispondente agli eventi pericolosi in ambiente lavorativo, si hanno i seguenti dati:

Caduta materiale da 4 metri:

Danno [D]	0	0.5	1
P(D)	0.55	0.35	

Caduta materiale da 8 metri:

Danno [D]	0	0.5	1
P(D)	0.60		0.10

Caduta materiale da 12 metri:

Danno [D]	0	0.5	1
P(D)	0.45	0.30	

dove l'indice 1 indica i casi mortali e P(D) è la probabilità che si verifichi l'evento corrispondente al valore dell'indice di danno D nel caso di caduta materiale dalle tre altezze.

Si calcolino:

- i valori attesi della variabile D in corrispondenza delle tre altezze nonché il valore atteso complessivo;
- il valore atteso del numero di infortuni mortali.



# ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

## PROVA PRATICA II Sessione 2011

### Laurea Magistrale Ingegneria della sicurezza e protezione civile – Indirizzo Civile Ambientale

#### Traccia 2

Si analizzino, sulla base dei metodi propri dell'Analisi di Rischio Quantitativa Probabilizzata, le conseguenze attese per un cantiere ferroviario operante in una **galleria a doppio binario** in condizioni di **interruzione parziale** del traffico (binario pari impegnato dal cantiere, binario dispari dedicato al transito dei treni).

Il cantiere ha lo scopo di effettuare prove distruttive e non distruttive per la valutazione dello stato di sforzo nel rivestimento della struttura in corrispondenza dei piedritti **lato pari**, durante un regime di interruzione parziale nel quale sia previsto, in condizione di protezione cantiere tramite avviso radio, il **transito di 2 treni all'ora sul binario dispari**.

Il cantiere, che impiega 6 operai effettivi oltre al personale di protezione cantiere, è operativo per 5 ore consecutive (dalle 0:00 alle 5:00) al giorno ed ha una durata prevista pari a 10 giorni.

La protezione del cantiere sia organizzata in modo che:

1. il treno sopraggiungente effettua fermata al segnale di protezione posto prima dell'area di cantiere e richiede autorizzazione al transito alla centrale operativa di stazione (**evento A**);
2. il dirigente di stazione comunica col personale di protezione cantiere e annuncia il transito del treno in 3 minuti, ottenendo feedback sull'avvenuta comprensione della comunicazione (**evento B**);
3. il personale preposto alla protezione cantiere ordina ai lavoratori del cantiere il ricovero delle attrezzature e la ritirata degli stessi nelle nicchie lato pari in attesa del transito (**evento C**);
4. il dirigente di stazione libera il segnale al treno che si trova in fermata di protezione e che, ottenuta l'autorizzazione, effettua il transito.

L'effetto finale del flusso logico-sequenziale degli eventi descritti comporta, **in ogni caso**, il transito del treno in regime protetto o non protetto.

Si consideri che il sistema di gestione del traffico ferroviario in regime straordinario (presenza di un cantiere) ha una inaffidabilità assoluta  $P(\bar{A})$ : in questa eventualità il treno non effettua la fermata al segnale di protezione (SPAD) e **transita nella zona di cantiere in regime non protetto**.

La procedura di comunicazione di cui al punto 2 (evento B) è affetta da una probabilità di malfunzionamento (per cause tecniche e/o inaffidabilità umana) pari a  $P(\bar{B})$ . In questo caso il dirigente di stazione dà il "via libera" al treno in assenza della conferma da parte del personale preposto alla protezione cantiere.

La procedura di ricovero delle attrezzature e ritirata del personale in luogo protetto è affetta da una probabilità di inefficacia  $P(\bar{C})$ ; **l'evento C è in generale dipendente dall'evento B**.



## DATI

Sia assegnata la probabilità dell'evento  $\bar{A}$  ("transito del treno nella zona di cantiere in regime non protetto (SPAD)"):

$$P(\bar{A}) = 1.5 \times 10^{-5}$$

Per stimare la probabilità  $P(\bar{B})$  si consideri l'albero delle cause rappresentato in figura 1:

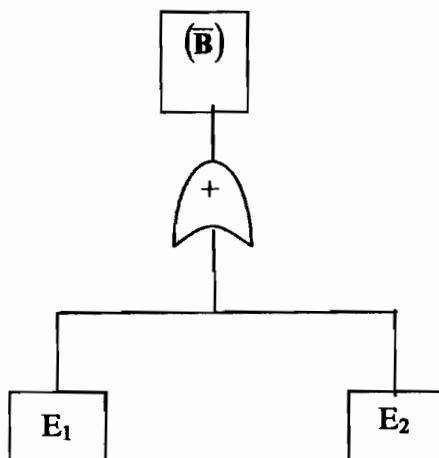


Figura 1 – Albero delle cause per l'evento  $\bar{B}$

Per la comunicazione tra il dirigente e i preposti alla protezione del cantiere vengono utilizzati due dispositivi radio. L'evento  $E_1$ , rappresentato in figura 1, comporta il malfunzionamento del sistema B per cause tecniche: inaffidabilità di almeno uno dei due dispositivi di comunicazione radio.

Tali dispositivi sono prelevati da un magazzino contenente 4 dispositivi radio identici.

Dati i seguenti eventi, tutti compatibili con la capacità del magazzino:

- 0D: nessuno dei 4 dispositivi in magazzino è difettoso;
- 1D: uno dei 4 dispositivi è difettoso;
- 2D: due dei 4 dispositivi sono difettosi;
- 3D: tre dei 4 dispositivi sono difettosi;
- 4D: tutti i dispositivi sono difettosi;

si rappresenti l'albero degli eventi relativo ad una configurazione di magazzino data dal 75% di pezzi difettosi e si determini la probabilità dell'evento  $E_1$ , considerato che esso si verifica quando almeno uno dei due dispositivi radio, prelevati dal magazzino, è difettoso.

L'evento  $E_2$ , rappresentato in figura 1, comporta il malfunzionamento del sistema B per inaffidabilità umana. La probabilità di tale evento sia:

$$P(E_2) = 3.1 \times 10^{-2}$$

Gli eventi  $E_1$  e  $E_2$  risultano indipendenti.

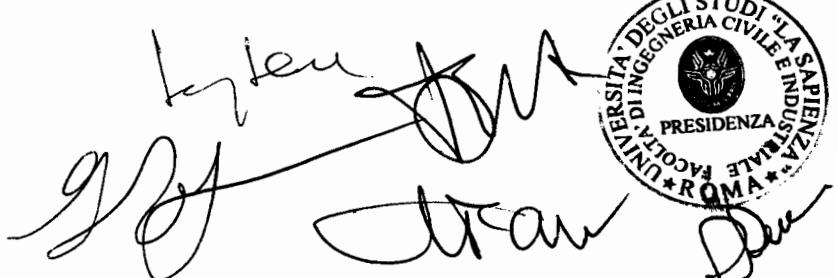
Siano inoltre assegnate le probabilità:

$$P(\bar{C} \cap \bar{B}) = 1 \times 10^{-4};$$

$$P(\bar{C} | B) = 5.5 \times 10^{-5}$$

Si rappresenti:

1. l'albero degli eventi che descrive l'evoluzione del flusso del pericolo, indicando il gruppo completo di eventi di fine ramo.



**Si attribuiscono:**

2. le probabilità a tutti gli eventi che sono rappresentati sull'albero degli eventi e agli scenari di fine ramo.

**Il transito del treno in condizione non protetta** (condizione in cui lo stadio A o C della procedura descritta risulti inefficace) espone i 4 operai del cantiere al rischio di investimento mortale. Esperienze ricavate per cantieri analoghi da analisi di banche dati incidentali indicano che un transito del treno in regime non protetto comporta:

- nel 50% dei casi nessuna lesione ad alcuno;
- nel 45% dei casi il ferimento mortale di un addetto;
- nel 4,5% dei casi il ferimento mortale di due addetti;
- nello 0,45% dei casi il ferimento mortale di tre addetti;
- nei rimanenti casi il ferimento mortale di tutti e quattro gli addetti.

**Si rappresenti:**

3. l'andamento della distribuzione retrocumulata relativa al cantiere con riferimento al rischio specifico ferroviario, considerando le probabilità riferite ad un'ora di esercizio del cantiere.

A questo rischio lavorativo ferroviario specifico si aggiungono i rischi propri delle attività di cantiere. Data la peculiare attività in essere, si considerino non trascurabili i rischi dovuti a:

- elettrocuzione;
- utilizzo di macchine e utensili vari.

**RISCHIO ELETTROCUZIONE**

La probabilità di morte per gli addetti, considerati tutti egualmente esposti durante l'attività, sia valutata sulla base dei dati disponibili di seguito riportati, considerando che il cantiere ha luogo nell'anno 2009.

**Probabilità di rimanere vittima di infortunio mortale in un'ora di lavoro**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009*
dati	3,80	3,70	3,30	3,20	3,50	3,45	2,90	3,00	3,10	2,80	2,60	
mm2		3,75	3,5	3,25	3,35	3,48	3,18	2,95	3,05	2,95	2,7	2,40
mm3			3,6	3,4	3,33	3,38	3,28	3,12	3,00	2,97	2,83	2,33
mm4				3,5	3,43	3,36	3,26	3,21	3,11	2,95	2,88	2,60
mm5					3,5	3,43	3,27	3,21	3,19	3,05	2,88	2,64
mm6						3,49	3,34	3,23	3,19	3,13	2,98	2,63
mm7							3,41	3,29	3,21	3,14	3,05	2,61
mm8								3,36	3,27	3,16	3,07	2,61
mm9									3,33	3,22	3,09	2,66
												2,60

$*10^{-5}$  [eventi/h]

**RISCHIO MACCHINE E UTENSILI**

La probabilità di rimanere vittima di infortunio mortale nell'anno lavorativo (250 gg lavorativi su turni lavorativi giornalieri di 8 h ciascuno), attualizzata all'anno 2009, sia posta pari a:

$p=8*10^{-3}$  [eventi/anno]



**Si valuti:**

4. il valore atteso del danno, normalizzato su un'ora di esposizione al pericolo considerando il contributo di tutti i rischi (rischio specifico per cantiere ferroviario, rischio elettrocuzione, rischio macchine e utensili) valutati ai punti precedenti;
5. il Rischio Individuale del personale di cantiere, normalizzato su un'ora di esposizione al pericolo considerando il contributo di tutti i rischi valutati ai punti precedenti.

