

## ESAME DI STATO ARCHITETTURA E ARCHITETTURA TECNICA (senior sez. A)

In un'area suburbana del Comune di San Lazzaro di Savena, si chiede di ipotizzare una proposta progettuale di un'unità abitativa collocata all'interno di un edificio a schiera ad uso residenziale di nuova costruzione, inserito in un lotto di proprietà privata. In particolare, si richiede di ipotizzare sia l'unità abitativa che la propria area pertinenziale privata antistante e retrostante il fabbricato, rispettando le dimensioni indicate nella planimetria rappresentata in Figura 1. Si specifica che il nuovo fabbricato dovrà avere tre piani fuori terra, di cui: il primo adibito ad autorimessa e locali accessori; i due superiori a civile abitazione.

Si richiede al candidato di elaborare, sulla base delle informazioni fornite, una relazione tecnico-descrittiva che, tramite testi, schemi grafici e diagrammi, includa i seguenti contenuti:

1. La caratterizzazione del tipo edilizio assegnato, specificando gli aspetti morfologici e funzionali, e indicando i caratteri distributivi degli spazi interni atti ad ospitare un nucleo familiare composto da cinque componenti;
2. Le scelte tecnologiche più appropriate per l'intervento, sulla base della struttura portante e dei requisiti prestazionali dell'involucro in conformità con la normativa edilizia;
3. Il calcolo delle quantità dei materiali e dei componenti presenti nei seguenti subsistemi edilizi: strutture portanti; involucro edilizio opaco e trasparente; partizioni interne. Rimangono quindi esclusi impianti tecnici e finiture. Si produca il computo metrico analitico con l'esplicitazione dei relativi calcoli.

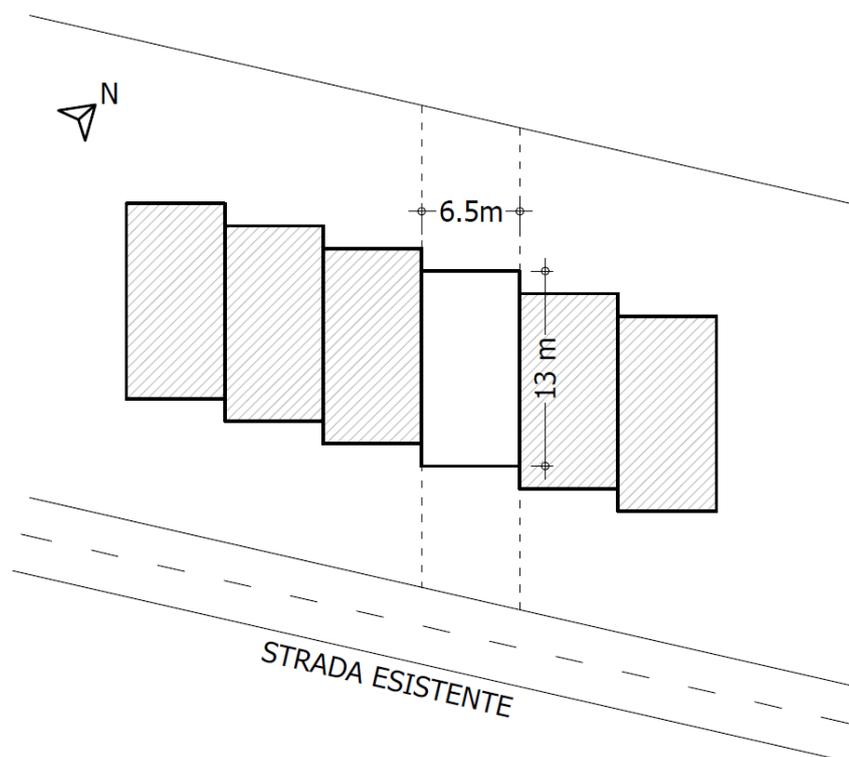


Figura 1: Planimetria lotto intervento.

## **Esame di stato 2024 – sez. A – Seconda Sessione**

### **Prova di Urbanistica e Pianificazione Territoriale**

Nella prima periferia di una città italiana di medie dimensioni è localizzata un'area pianeggiante di circa 52.000 mq di Superficie Territoriale.

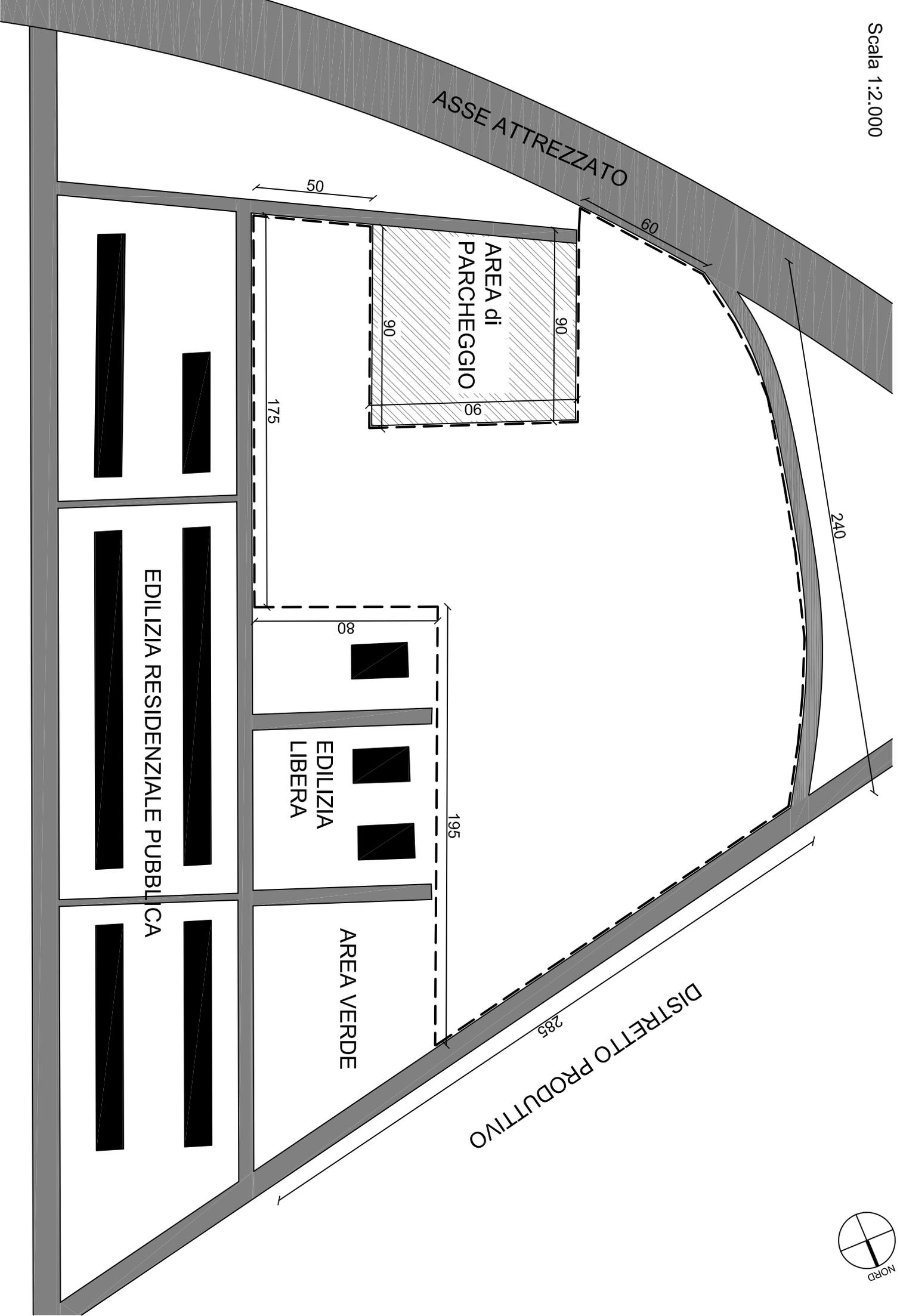
L'area si colloca in un tessuto pianificato realizzato negli anni '70 e caratterizzato dalla presenza di alti standard insediativi in termini di infrastrutture viarie, parcheggi e spazi verdi. Nel dettaglio, il lotto confina a nord con un distretto produttivo, attualmente oggetto di una trasformazione di funzioni ed usi a causa dei mutati modelli di produzione e distribuzione. A est, è presente un comparto residenziale composto da edifici di edilizia residenziale pubblica ed edilizia libera con altezza massima di 4 piani. A sud, il lotto è delimitato da un asse attrezzato, il quale collega velocemente il comparto al centro città grazie anche alla presenza di un suo svincolo. L'area oggetto di intervento è inoltre libera da preesistenze ed è servita, lungo la strada a nord, dalle linee del trasporto pubblico locale.

L'area è di proprietà privata e quest'ultima intende avanzare una proposta di rigenerazione urbana che dia la possibilità di completare il tessuto urbanizzato con un disegno organico, che possa riconnettere l'area di intervento con il resto della città.

In particolare, il progetto di rigenerazione intende prevedere la realizzazione di edilizia residenziale e l'insediamento di attività commerciali di vicinato di cui l'areale risulta carente, comprendendo anche la creazione di dotazioni territoriali appropriate a soddisfare le esigenze del nuovo comparto e dell'intorno e ulteriori funzioni compatibili con la residenza prevista.

Si richiede al candidato di redigere una relazione tecnica riguardante lo studio di fattibilità dell'intervento dal punto di vista urbanistico:

- descrivendo come si intendono condurre le necessarie verifiche in relazione alla compatibilità dell'intervento proposto con gli strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale e i possibili vincoli insistenti sull'area, delineando anche attraverso quale strumento attuativo ci si immagina di dover dar seguito all'intervento;
- ipotizzando una definizione e distribuzione delle funzioni da insediare all'interno del comparto, che andranno anche collocati all'interno del lotto secondo un assetto di massima (metaprogetto), tenendo conto delle condizioni al contorno.



# Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di Ingegnere Seconda Sessione dell'anno 2024 - Sezione A Settore Civile Ambientale

## Tema di Costruzioni Idrauliche

Il Candidato predisponga una relazione tecnica finalizzata alla riqualificazione del tratto terminale di una rete fognaria mista di un'area industriale in una zona di pianura.

L'area è caratterizzata dalla presenza di circa 3500 Abitanti Equivalenti e da una superficie complessiva da valutare attraverso la Figura seguente, considerando il fattore di scala  $L=100$  m. Si consideri inoltre la presenza di aree verdi pari al 25% dell'area totale.

Il Candidato deve individuare la dimensione del collettore finale, in corrispondenza del punto 1 della Figura, considerando che la pendenza dello stesso sarà dello 0.3%, descrivere i criteri progettuali, evidenziando le scelte effettuate anche in relazione al materiale della tubazione da adottarsi.

Inoltre, prima dello scarico delle acque meteoriche nel corpo idrico ricettore, sarà necessario dimensionare il volume una vasca di laminazione in modo da non superare una portata massima allo scarico di 15 litri/s/ettaro e il volume di una vasca di prima pioggia per il controllo delle qualità delle acque sversate.

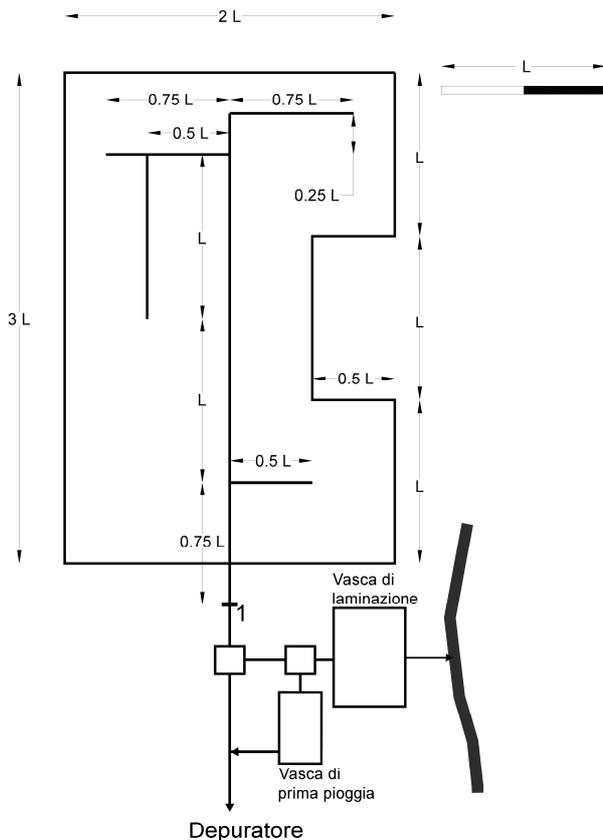
Il candidato faccia qualche considerazione, senza arrivare al dimensionamento, sulla tipologia di scolmatore di piena, a monte delle vasche, da adottarsi.

Le curve di possibilità pluviometrica sono le seguenti:

$$h = 48 t^{0.55} \quad [h \text{ in mm, } t \text{ in ore}] \text{ per durate di pioggia inferiori o uguali all'ora.}$$

$$h = 48 t^{0.34} \quad [h \text{ in mm, } t \text{ in ore}] \text{ per durate di pioggia superiori all'ora.}$$

Per valutare il grado di riempimento dei collettori può essere utilizzata la scala di deflusso di seguito riportata.



Scala di deflusso per una sezione Circolare					
Q/QR	h/D	V/Vr	Q/QR	h/D	V/Vr
0.003	0.025	0.129	0.543	0.525	1.020
0.005	0.050	0.257	0.586	0.550	1.039
0.013	0.075	0.329	0.629	0.575	1.056
0.021	0.100	0.401	0.672	0.600	1.072
0.035	0.125	0.459	0.714	0.625	1.086
0.049	0.150	0.517	0.756	0.650	1.099
0.069	0.175	0.566	0.797	0.675	1.110
0.088	0.200	0.615	0.837	0.700	1.120
0.113	0.225	0.658	0.875	0.725	1.127
0.137	0.250	0.701	0.912	0.750	1.133
0.167	0.275	0.739	0.945	0.775	1.137
0.196	0.300	0.776	0.977	0.800	1.140
0.230	0.325	0.810	1.004	0.825	1.139
0.263	0.350	0.843	1.030	0.850	1.137
0.300	0.375	0.873	1.048	0.875	1.131
0.337	0.400	0.902	1.066	0.900	1.124
0.377	0.425	0.928	1.070	0.925	1.110
0.416	0.450	0.954	1.074	0.950	1.095
0.458	0.475	0.977	1.037	0.975	1.048
0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000

Tutti i dati e parametri non riportati nel testo devono essere ragionevolmente assunti dal Candidato considerando comunque che è richiesta una stima di massima degli elementi da progettare.

# Esame di Stato per l'abilitazione all'esercizio della professione di INGEGNERE - SETTORE CIVILE AMBIENTALE

Sessione II - Anno 2024 - Sezione A

## Prova scritta di Strutture

Si consideri un telaio interno di un edificio in c.a. avente le caratteristiche geometriche indicate in figura, da realizzarsi nella città di Parma. L'edificio è ad uso residenziale e la copertura non è praticabile. Si consideri la struttura regolare in pianta e in altezza.

### Geometria

$L_1=1.0$  m

$L_2=4.0$  m

$L_3=3.3$  m

Interasse tra telai (luce del solaio) = 4.0 m

Sezione della trave: 40x60 cm<sup>2</sup>

Sezione del pilastro: 40x40 cm<sup>2</sup>

### Carichi agenti (valori caratteristici)

Interpiano:

Copertura:

$g_{1k} = 16$  kN/m

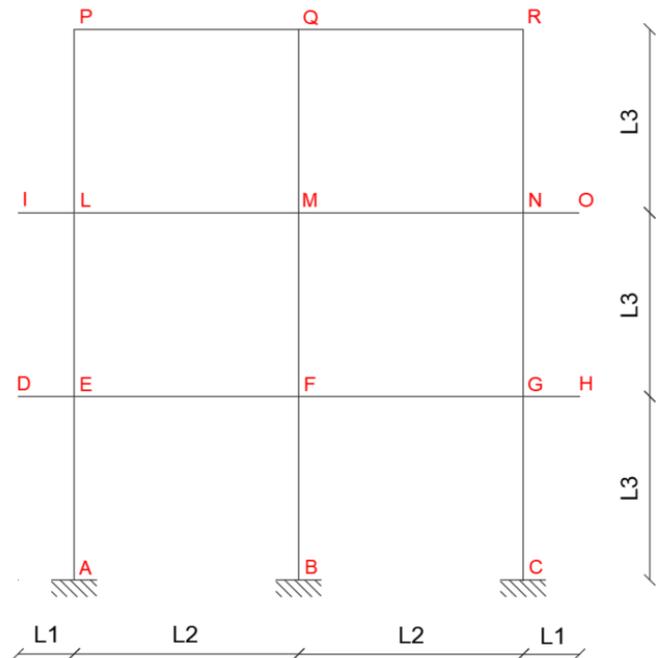
$g_{1k} = 16$  kN/m

$g_{2k} = 20$  kN/m

$g_{2k} = 13$  kN/m

$q_k = 12$  kN/m

$q_k = 5$  kN/m (neve)



Al candidato si richiede di:

- Determinare il diagramma del momento flettente sul telaio, con riferimento allo Stato Limite Ultimo, considerando che il carico applicato sulle travi (copertura e interpiano) sia uniformemente distribuito. Si trascurino gli effetti dei carichi da vento.
- Definire lo spettro di progetto per lo stato limite di salvaguardia della vita, adottando una classe di duttilità media CD "B", e determinare le forze orizzontali agenti ai piani della struttura secondo il metodo dell'*analisi lineare statica*. A questo scopo si considerino un sottosuolo di categoria C, categoria topografica T1 e i seguenti parametri per la definizione dell'azione sismica  $a_g = 0.136$  g,  $F_0 = 2.474$ ,  $T_c^* = 0.286$  s.
- Calcolare il diagramma del momento flettente allo stato limite di salvaguardia della vita ipotizzando un comportamento strutturale tipo shear-type (cioè con travi infinitamente rigide a flessione).
- Determinare l'armatura a flessione per la travata di interpiano (I-L-M-N-O), con riferimento agli effetti delle azioni di cui ai punti a) e c), e descrivere i criteri per la disposizione delle armature.
- Discutere il principio della gerarchia delle resistenze nell'ambito della progettazione sismica.

Le quote e i dati non indicati devono essere ragionevolmente assunti dal candidato.

# ALLEGATO – PROVA DI STRUTTURE

## ALLEGATO – ESTRATTI DA NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018

### CAP. 2

**Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

#### 2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo “+” vuol dire “combinato con”.

I valori dei coefficienti  $\Psi_{0j}$ ,  $\Psi_{1j}$  e  $\Psi_{2j}$  sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza  $\gamma_{G1}$  e  $\gamma_{Qj}$  sono dati nel § 2.6.1.

## ALLEGATO – PROVA DI STRUTTURE

**Tab. 2.6.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

### CAP. 3

#### 3.2.3.2.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico,  $S_e$ , è definito dalle espressioni seguenti:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad [3.2.2]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali:

T è il periodo proprio di vibrazione;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_S \cdot S_T \quad [3.2.3]$$

essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V);

$\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55, \quad [3.2.4]$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base dei materiali, della tipologia strutturale e del terreno di fondazione;

$F_o$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

$T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione

$$T_C = C_C \cdot T_C^*, \quad [3.2.5]$$

dove:  $T_C^*$  è definito al § 3.2 e  $C_C$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.IV);

$T_B$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla relazione

$$T_B = T_C / 3 \quad [3.2.6]$$

$T_D$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6. \quad [3.2.7]$$

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate

## ALLEGATO – PROVA DI STRUTTURE

mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nel § 3.2.2, la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico  $S_S$ , il coefficiente topografico  $S_T$  e il coefficiente  $C_C$  che modifica il valore del periodo  $T_C$ .

### *Amplificazione stratigrafica*

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T_C^*$  è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$

Categoria sottosuolo	$S_S$	$C_C$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

### *Amplificazione topografica*

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.V, in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove  $S_T$  assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario.

### 3.2.3.5 SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO PER GLI STATI LIMITE DI DANNO (SLD), DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV) E DI PREVENZIONE DEL COLLASSO (SLC)

Qualora le verifiche agli stati limite di danno, di salvaguardia della vita e di prevenzione al collasso non vengano effettuate tramite l'uso di opportune storie temporali del moto del terreno ed analisi non lineari dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle costruzioni le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tenga conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarigidità, dell'incremento del suo periodo proprio di vibrazione a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di risposta di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro di risposta elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$  considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1). Per valutare la domanda verrà utilizzato tale spettro, nel caso di analisi non lineare statica ponendo  $\eta = 1$ , nel caso di analisi lineare, statica o dinamica con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule [3.2.2] (per le componenti orizzontali) e nelle formule [3.2.8] (per le componenti verticali)  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di comportamento definito nel Capitolo 7 (Tabella 7.3.I).

Si assumerà comunque  $S_d(T) \geq 0,2a_g$ .

# ALLEGATO – PROVA DI STRUTTURE

## CAP. 7

### Valori del fattore di comportamento $q$

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo (§ 7.2.2), il valore del fattore di comportamento  $q$ , da utilizzare per lo stato limite considerato e nella direzione considerata per l'azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e tiene conto, convenzionalmente, delle capacità dissipative del materiale. Le strutture possono essere classificate come appartenenti ad una tipologia in una direzione orizzontale e ad un'altra tipologia nella direzione orizzontale ortogonale alla precedente, utilizzando per ciascuna direzione il fattore di comportamento corrispondente.

Il limite superiore  $q_{lim}$  del fattore di comportamento relativo allo SLV è calcolato tramite la seguente espressione:

$$q_{lim} = q_0 \cdot K_R \quad [7.3.1]$$

dove:

$q_0$  è il valore base del fattore di comportamento allo SLV, i cui massimi valori sono riportati in tabella 7.3.II in dipendenza della Classe di Duttilità, della tipologia strutturale, del coefficiente  $\lambda$  di cui al § 7.9.2.1 e del rapporto  $\alpha_w/\alpha_1$  tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la plasticizzazione in un numero di zone dissipative tale da rendere la struttura un meccanismo e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione; la scelta di  $q_0$  deve essere esplicitamente giustificata;

$K_R$  è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base  $q_0$  del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD

Tipologia strutturale	$q_0$	
	CD''A''	CD''B''
<b>Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)</b>		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	4,5 $\alpha_w/\alpha_1$	3,0 $\alpha_w/\alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	4,0 $\alpha_w/\alpha_1$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5

#### a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai

- strutture a telaio di un piano  $\alpha_w/\alpha_1 = 1,1$
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata  $\alpha_w/\alpha_1 = 1,2$
- strutture a telaio con più piani e più campate  $\alpha_w/\alpha_1 = 1,3$

Prova scritta del 14/11/2024

### **Tema: Ingegneria Sanitaria Ambientale**

Il candidato sviluppi la tematica della disinfezione delle acque reflue discutendone le tecniche in termini di applicabilità alle grandi portate urbane e indicandone i criteri progettuali generali. Nel caso di disinfezione mediante diossido di cloro (dose pari a 60 mg/l min), si stimi volume, quota d'acqua e superficie del reattore di contatto per un impianto convenzionale a fanghi attivi, a servizio di rete fognaria di tipo separato, della potenzialità di 400.000 AE e avente E.Coli medio dopo secondario pari a 100.000 UFC.

### **Tema: Georisorse**

Si vuole realizzare un impianto di trattamento di rifiuti da Costruzione e Demolizione (CDW) per produrre inerti per calcestruzzi e stabilizzato stradale. I CDW si trovano attualmente stoccati, in un'area dedicata alla raccolta temporanea di rifiuti. Da una prima valutazione merceologica, i cumuli sono caratterizzati dalla presenza dei seguenti materiali, nelle percentuali in peso qui di seguito indicate: 72% elementi di calcestruzzo armato (di cui 10% in peso rappresentato da acciaio), 25% laterizi, 3% metalli. Per tutte le frazioni, si possono considerare dimensioni iniziali comprese mediamente fra i 3 e i 50 cm. Le classi granulometriche dei prodotti inerti da prevedere in uscita all'impianto sono le seguenti: 2-8, 8-15, 15-22, 22-35 mm.

In particolare, si sviluppino i seguenti punti:

1. Layout generale dell'impianto, schema dei flussi e dei bilanci di massa, considerando una portata oraria complessiva di 50t/h.
2. Scelta motivata, e descrizione, del tipo di impianto di trattamento fisso o mobile e delle relative macchine scelte per la riduzione dimensionale e la classificazione.
3. Impatti ambientali e relative soluzioni di mitigazione.

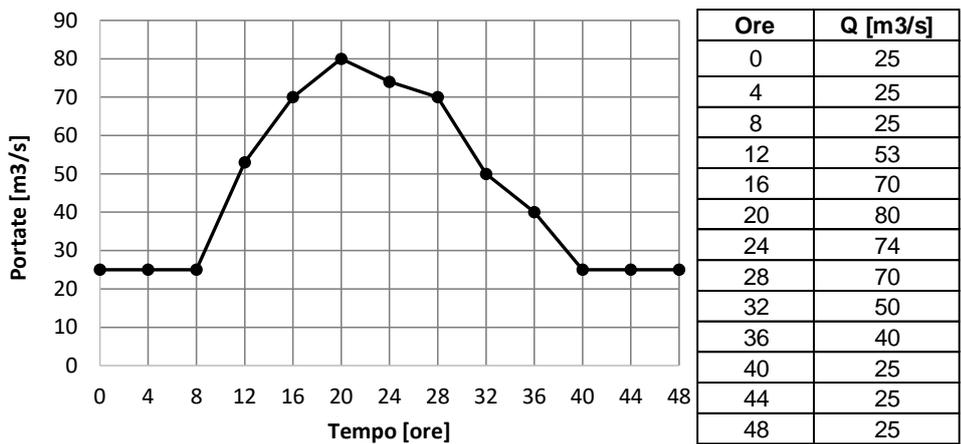
Prova scritta del 14/11/2024

### Tema - DIFESA DEL SUOLO

Il candidato rediga una relazione tecnica in cui si mettano a confronto le caratteristiche e le modalità di funzionamento dei serbatoi di laminazione e delle casse di espansione per la laminazione delle portate di piena dei corsi d'acqua.

Nel caso specifico di una cassa di espansione in derivazione, si fornisca una stima del volume di invaso della cassa di espansione necessaria a laminare l'evento di piena riportato in calce (idrogramma e relativa tabella), assumendo un rapporto di laminazione per la cassa pari a 0.875, e nel caso si consideri valida l'ipotesi di laminazione ottimale.

Infine, si calcoli la riduzione attesa nei valori dei massimi tiranti idrici attesi in seguito alla realizzazione della cassa, nell'ipotesi di moto uniforme. Si assuma il corso d'acqua avente una forma rettangolare, con larghezza pari a 10 m, pendenza pari a 0.35% e coefficiente di scabrezza pari a  $30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ .



ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

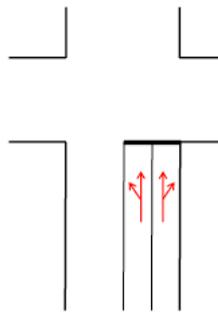
II Sessione 2024 PROVA SCRITTA – SEZIONE A

TEMA DI TRASPORTI

In seguito alla realizzazione di un rilevante insediamento attrattore/generatore di domanda di trasporto, ubicato in area urbana, si richiedono alcune verifiche sulla viabilità al fine di valutare la compatibilità tra l'aumento di flusso veicolare atteso e le caratteristiche della rete attualmente esistente.

In particolare, è necessario svolgere due verifiche, una su un'intersezione a controllo semaforico e l'altra su un tratto di strada a flusso ininterrotto.

- 1- Nel seguente accesso di un'intersezione semaforizzata si richiede una verifica sul gruppo di corsie (gdc) indicato:



In dettaglio, il flusso di saturazione  $S$  del gdc è pari a 2800 veic/h (1400 per ogni corsia), mentre il flusso in arrivo mediamente in un'ora di punta, ritenuto stazionario, è pari a 1200 veic/h. Il ciclo semaforico  $C$  è pari a 90 sec, mentre il rapporto di verde efficace  $\lambda = g/C$  è pari a 0,55. Determinare il ritardo medio per veicolo utilizzando l'approccio più coerente per le condizioni di saturazione del gruppo di corsie.

Supponiamo che il flusso, in seguito a perturbazioni causate dal nuovo insediamento, aumenti in modo significativo per un sottoperiodo dell'ora di punta, passando a 1900 veicoli/h per 30'. Calcolare il ritardo medio per autoveicolo in tali condizioni (evidentemente di sovrasaturazione), supponendo che il ciclo semaforico e la relativa fasatura rimangano invariati, utilizzando un approccio di calcolo appropriato.

- 2- Si consideri un tratto di strada a flusso ininterrotto a due corsie per senso di marcia. Il flusso di picco in una direzione, in ora di punta, in seguito alle modifiche generate dalla realizzazione del nuovo insediamento risulta pari a 1700 veicoli/h. Supponendo che la BFFS sia pari a 130 km/h, che le corsie siano larghe 3,5 metri, che la distanza tra margine corsia e ostacoli laterali sia pari a 0,6 metri, considerando poi una percentuale di veicoli pesanti (trucks and buses) pari al 24% e assumendo infine un PHF pari a 0,85 determinare il LOS utilizzando la metodologia HCM. Tutti i parametri necessari per l'applicazione della metodologia sono riportati di seguito.

EXHIBIT 23-4. ADJUSTMENTS FOR LANE WIDTH

Lane Width (m)	Reduction in Free-Flow Speed, $f_{LW}$ (km/h)
3.6	0.0
3.5	1.0
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3.0	10.6

Factor	Type of Terrain		
	Level	Rolling	Mountainous
$E_T$ (trucks and buses)	1.5	2.5	4.5
$E_R$ (RVs)	1.2	2.0	4.0

EXHIBIT 23-5. ADJUSTMENTS FOR RIGHT-SHOULDER LATERAL CLEARANCE

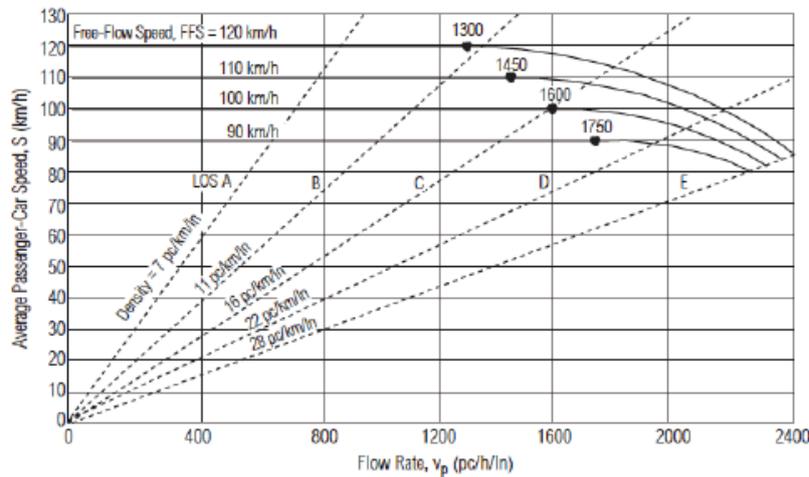
Right-Shoulder Lateral Clearance (m)	Reduction in Free-Flow Speed, $f_{LC}$ (km/h)			
	Lanes in One Direction			
	2	3	4	$\geq 5$
$\geq 1.8$	0.0	0.0	0.0	0.0
1.5	1.0	0.7	0.3	0.2
1.2	1.9	1.3	0.7	0.4
0.9	2.9	1.9	1.0	0.6
0.6	3.9	2.6	1.3	0.8
0.3	4.8	3.2	1.6	1.1
0.0	5.8	3.9	1.9	1.3

EXHIBIT 23-6. ADJUSTMENTS FOR NUMBER OF LANES

Number of Lanes (One Direction)	Reduction in Free-Flow Speed, $f_N$ (km/h)
$\geq 5$	0.0
4	2.4
3	4.8
2	7.3

EXHIBIT 23-7. ADJUSTMENTS FOR INTERCHANGE DENSITY

Interchanges per Kilometer	Reduction in Free-Flow Speed, $f_{ID}$ (km/h)
$\leq 0.3$	0.0
0.4	1.1
0.5	2.1
0.6	3.9
0.7	5.0
0.8	6.0
0.9	8.1
1.0	9.2
1.1	10.2
1.2	12.1



For  $90 \leq FFS \leq 120$  and for flow rate ( $v_p$ )  
 $(3100 - 15FFS) < v_p \leq (1800 + 5FFS)$ ,

$$S = FFS - \left[ \frac{1}{28} (23FFS - 1800) \left( \frac{v_p + 15FFS - 3100}{20FFS - 1300} \right)^{2.6} \right]$$

For  $90 \leq FFS \leq 120$  and  
 $v_p \leq (3100 - 15FFS)$ ,  
 $S = FFS$

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

## II Sessione 2024 PROVA SCRITTA – SEZIONE A

### TEMA: STRADE

Nella tavola allegata è rappresentata la sezione in trincea di un nuovo tracciato stradale come specificato dal DM 05/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".

Si richiede al candidato di:

1. definire la tipologia di sovrastruttura per la categoria di strada in esame ed i criteri di progettazione, con particolare attenzione alla scelta dei materiali da utilizzare ed alle relative modalità di messa in opera;
2. illustrare i controlli da effettuare sui materiali in fase sia di progetto delle miscele, sia al termine delle lavorazioni.

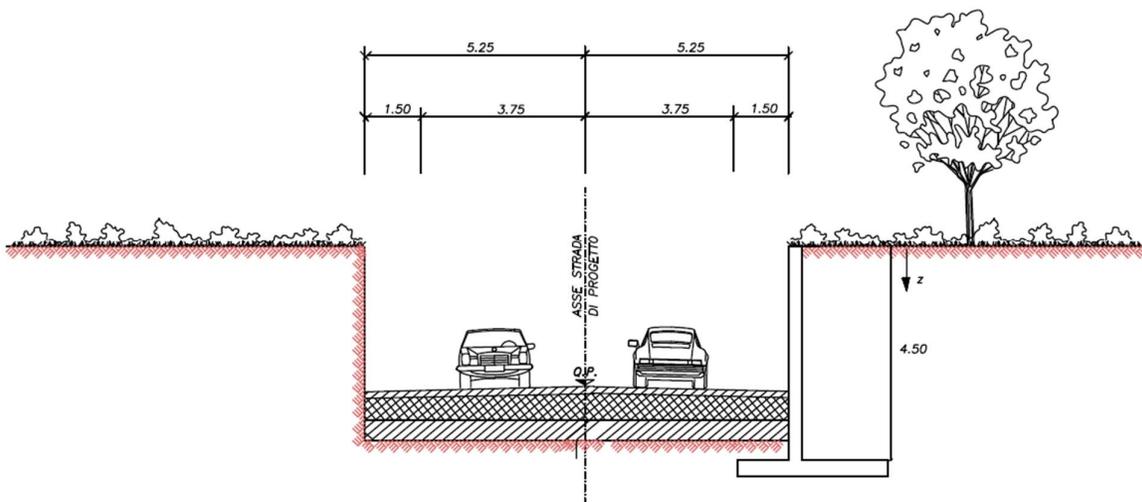


Figura 1: sezione in trincea

In seguito, il candidato valuti la stabilità dell'opera di sostegno necessaria ai lati della trincea, considerando le caratteristiche geometriche riportate in Tabella 1. È richiesto al candidato il dimensionamento dei parametri geometrici mancanti. Il terreno presente in quella determinata sezione del tracciato è caratterizzato dai parametri geotecnici riportati in Tabella 1 e da un sovraccarico accidentale pari a 20 KN/m<sup>2</sup>.

Sono richieste le verifiche a SCHIACCIAMENTO, SCORRIMENTO e RIBALTAMENTO dell'opera di sostegno in Figura 2 (profondità unitaria), utilizzando l'approccio 2 - Combinazione Unica, previsto dalle NTC 2018.

Tabella 2: Formule coefficienti di spinta

$K_a = \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi_t}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\varphi_t}}$	$K_p = \frac{1 + \sin\varphi_t}{1 - \sin\varphi_t}$
---	---

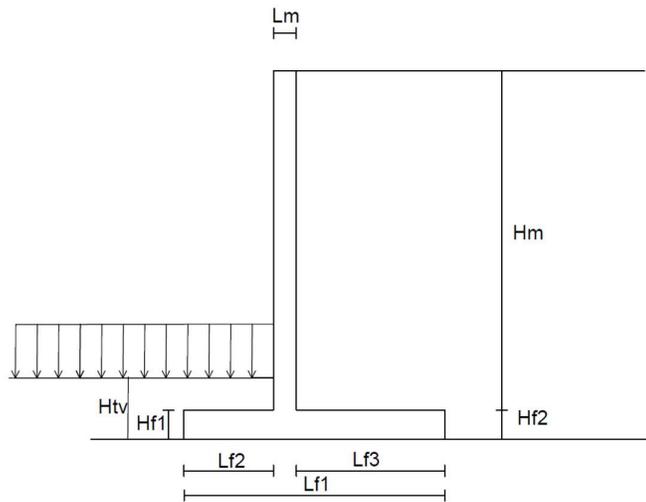


Figura 2: muro sottoscarpa

Tabella 1. Caratteristiche generali

<b>Caratteristiche geometriche</b>	Altezza mensola a valle	Hf1	0,50 m
	Altezza mensola a monte	Hf2	0,50 m
	Altezza rinterro a valle	Htv	1,20 m
	Altezza paramento	Hm	4,50 m
	Spessore paramento	Lm	0,60 m
	Lunghezza della mensola posteriore	Lf3	2 m
<b>Caratteristiche del terreno</b>	Angolo attrito terreno	$\varphi_t$	34°
	Angolo di attrito fondazione- terreno	d	$\frac{3}{4} \varphi_t$
	Pressione limite del terreno di fondazione	$q_u$	300 kN/m <sup>2</sup>
	Coesione drenata	$c'$	0
	Peso specifico del muro	$\gamma_{cls}$	25 kN/m <sup>3</sup>
	Peso specifico del terreno	$\gamma_t$	20 kN/m <sup>3</sup>

Tabella 3: Coefficienti parziali per le azioni (NTC 2018)

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 4: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Tabella 5: Coefficienti parziali per la verifica agli SLU

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$
Ribaltamento	$\gamma_R = 1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,4$

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BOLOGNA

**ESAME DI STATO DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO  
DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE**

2<sup>a</sup> SESSIONE 2014 - 2<sup>a</sup> COMMISSIONE  
SEZIONE INGEGNERIA CIVILE-EDILE/ARCHITETTURA-AMBIENTALE  
SEZIONE A

**PROVA DI PROGETTAZIONE: IDRAULICA**

Si prenda come riferimento l'impianto di sollevamento riportato in figura. Considerando trascurabile la lunghezza della condotta di aspirazione, la condotta di mandata presenta una lunghezza minima di 600 m. Per quanto riguarda le condizioni di tubi nuovi e usati, il coefficiente di Gauckler-Strickler assume i valori rispettivi di  $85 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  e  $65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ . Le perdite concentrate possono ritenersi complessivamente pari a 16 volte l'altezza cinetica. Ipotizzando un funzionamento dell'impianto di 200 giorni/anno, la portata da sollevare è di  $70 \text{ l/s}$ . Il dislivello geodetico fra le superfici libere nei serbatoi di valle e di monte è pari a 65 m. Il rendimento della pompa è 0.85.

Date le precedenti informazioni si chiede al candidato di progettare la condotta di mandata dell'impianto di sollevamento nel rispetto dei seguenti vincoli:

- (1) fra i diametri commerciali disponibili si considerino soltanto quelli associati a valori di velocità in condotta idonei:  $0.5 \text{ m/s} < v < 2.0 \text{ m/s}$ ;
- (2) dato un costo energetico per kWh pari a  $0.13 \text{ €/kWh}$ , il costo annuale dell'energia non superi i  $45000 \text{ €}$ ;
- (3) il costo della tubazione sia inferiore a  $200000 \text{ €}$ , essendo per unità di lunghezza pari a  $125 + 0.05 D^{1.5} \text{ €/m}$ .

Una volta individuata la scelta progettuale, si richiede al candidato di:

- (4) descrivere l'andamento delle sovrappressioni in condotta per fenomeni di colpo d'ariete generati da manovre rapide e lente.

