

# COMUNE DI TRIESTE

C.O. 03231 – PRUSST

”RICONVERSIONE EX COMPRENSORIO

INDUSTRIALE STOCK UMI 4 E 5.

RIQUALIFICAZIONE SEDE DELLA POLSTRADA

IN CESSIONE AL COMUNE.”

Regione  Friuli-Venezia Giulia	Oggetto dell'elaborato  RELAZIONE TECNICA
Provincia  TRIESTE	Scala
Comune  COMUNE DI TRIESTE	Progettazione  <b>STUDIO TECNICO</b> <b>dott.ing. Luciano ZARATTINI</b>  Strada del Friuli n°30 - 34136 Trieste tel.040 410246 l.zarattini@atec-engineering.it - luciano.zarattini1@ingpec.eu www.atec-engineering.it
Data/Revisione  AGOSTO 2017	
Revisione	
Revisione	
Num. tavola  —	PER LA COMMITTEA:
Fase	  <b>PROGETTO PRELIMINARE</b> <b>STRUTTURALE – FASE A</b>

Oggetto: C.O. 03231 - PRUSST "Riconversione ex Comprensorio Industriale Stock UMI 4 e 5. Riqualificazione sede della Polstrada in cessione al Comune.  
Affidamento dell'incarico professionale di progettazione strutturale di massima. CIG ZD71F49168.

Riferimento: Determinazione dirigenziale n.1648/2014 esecutiva in data 17/07/2017.

## RELAZIONE ART.3 – P.TO A – FOGLIO PATTI E CONDIZIONI

### 1. PREMESSA

A seguito del conferimento dell'incarico in oggetto, sono state svolte le indagini preliminari volte all'individuazione delle soluzioni tecniche più opportune per dare compiuta definizione in primo luogo alle strutture fondazionali da impiegare e successivamente anche alle strutture relative alle opere in elevazione.

Dopo aver eseguito una prima visita di sopralluogo in data 11/07/2017 a carattere meramente conoscitivo del sito assieme ai progettisti dell'intervento, è stato esaminato in maniera dettagliata il materiale tecnico reso disponibile dall'Amministrazione comunale, quale:

- le tavole grafiche e le relazioni del progetto preliminare;
- la "relazione sui sondaggi geognostici" fatta dal geologo dott. Stefano Davini;
- la sintesi dei rilievi delle strutture interrato - canale di scarico - fatte eseguire da AAA;

individuando le condizioni "al contorno" che sono vincolanti per la progettazione generale e, in particolare, per quella strutturale.

Le condizioni vincolanti per la progettazione sono conseguenti:

- a) al modello geologico così come risultante dalle indagini eseguite;**

da quanto emerso dai rilievi eseguiti nell'area di indagine, risulta presente uno strato superficiale costituito da riporti di varia natura, eterogenei e con scadenti caratteristiche meccaniche,

seguito da un secondo strato costituito da depositi di potenza variabile, granulometricamente assortiti con la frazione fina sensibile all'acqua e ad elevato comportamento plastico; segue un terzo strato costituito da marne ed arenarie fratturate giacente sulla formazione flyschoidale marnoso arenacea.

Le indagini hanno evidenziato come le profondità dei vari strati non siano costanti in tutta l'area di intervento: il "crostello degradato" si trova a una profondità di circa 1,50-2,00 m lungo la via dei Moreri, pari a circa 4,00 metri all'incrocio tra la via Villan de Bachino e via Montorsino per scendere sino a circa 7,00 m in corrispondenza del piazzale con accesso dalla via Montorsino.

Il substrato roccioso segue l'andamento degli strati di alterazione della formazione marnoso arenacea di color marrone e si presenta a una profondità di circa 2,00 m lungo la via dei Moreri, di circa 8,00 metri all'incrocio tra la via Villan de Bachino e via Montorsino per scendere sino a circa 10,00 m in corrispondenza del piazzale con accesso dalla via Montorsino.

Quest'ultimo materiale *"...ha subito stress tettonico e si presenta fratturato, scaglioso con le marne fogliettate sensibili alla dissoluzione in presenza di acqua"*.

Nella relazione geologica si sottolinea come *la massa rocciosa nel suo insieme sia da considerarsi semipermeabile, con buone caratteristiche fisico meccaniche ma con disposizione tale da favorire la circolazione di acqua anche abbondante, presente nel sottosuolo.*

**b) Alla presenza di una galleria idraulica con estradosso della volta situato a una profondità di 40-50 cm dal piano di campagna;**

l'area di progetto è interessata dalla presenza di una galleria idraulica il cui posizionamento è al momento non esattamente definito essendo il tracciamento eseguito per conto di AcegasApsAmga non coincidente con quello individuato nella relazione sui sondaggi geotecnici; nella planimetria allegata - TAV.1 - sono stati riportati, a scopo comparativo, entrambi i tracciamenti riscontrando come il relativo asse risulti spostato di circa 12 m in corrispondenza della via dei Moreri e circa 7 m in basso in corrispondenza del transito presso il fabbricato denominato edificio "C".

Il corretto tracciamento del canale come pure le quote altimetriche dell'estradosso della volta in pietra saranno determinati con il lotto di lavori attualmente in esecuzione.

Rimane comunque la certezza della presenza della galleria idraulica al di sotto del futuro corpo di fabbrica ad uso parcheggio e, di conseguenza, dell'influenza che le quote dell'estradosso della volta avranno sulle quote altimetriche dei solai del fabbricato.

## **2. SCELTE PROGETTUALI – MOTIVAZIONI**

Le linee guida a base della progettazione strutturale preliminare sono quindi riassuntivamente costituite da:

- La disposizione plani-altimetrica e la consistenza dei fabbricati di nuova realizzazione (asilo nido e parcheggio);
- Le condizioni vincolanti al contorno e all'interno dell'area di intervento (disposizione planimetrica della galleria idraulica e relative quote altimetriche dell'estradosso della volta, stratigrafia del terreno di fondazione e presenza di acqua nel sottosuolo in quantità rilevante);
- La volontà di realizzare un sistema fondazionale tale da ridurre al minimo la possibilità di cedimenti differenziali dei corpi di fabbrica e da non interferire in alcun modo con la volta della galleria idraulica pur in presenza di strati portanti - flysch - inclinati di 20°-25° rispetto l'orizzontale e situati a profondità variabili tra 2,00 e 9,00 m rispetto all'attuale piano di campagna;
- il sistema fondazionale non deve risentire del comportamento plastico del rilevante strato ghiaioso misto a limi argillosi e sabbie, ovvero non deve essere sensibile né agli abbassamenti né ai rigonfiamenti del terreno in funzione del tenore di umidità presente nel sottosuolo nel corso dell'anno.

Analizzando nel dettaglio le soluzioni fondazionali per i singoli corpo di fabbrica, si evidenzia che:

#### **A. ASILO NIDO:**

la disposizione planimetrica dell'edificio è tale da interessare le due sezioni stratigrafiche individuate rispettivamente con A-A' e B-B' nella relazione sui sondaggi geognostici.

Le porzioni del fabbricato che si affaccia sulla via Villan de Bachino e sulla via Montorsino hanno una larghezza tale da interessare solamente gli strati superficiali di terreno e potrebbero quindi essere oggetto di sole fondazioni superficiali.

Considerazioni analoghe non potrebbero però essere fatte per la porzione di fabbricato più interna del comprensorio, dove la pendenza e la profondità del flysch non degradato rende di fatto impossibile il collegamento con gli strati portanti mediante fondazioni di tipo superficiale.

Non si ritiene tecnicamente opportuna una soluzione che preveda "l'appoggio" di una porzione considerevole del fabbricato su un terreno di caratteristiche geotecniche *medie ma comunque sufficienti* - flysch degradato - sui tratti prospicienti la via Villan de Bachino e la via Montorsino tramite fondazioni superficiali tipo *travi e plinti di fondazione* per passare a un tipo diverso di fondazione superficiale, tipo *platea*, che andrebbe ad appoggiarsi sullo strato ghiaioso per la rimanente parte del fabbricato.

La diversa natura dei terreni di fondazione e la accertata presenza di rilevanti quantità di acqua nel sottosuolo, pur con un sistema fondazionale progettato con ampi margini di sicurezza, renderebbe probabile il manifestarsi di movimenti differenziali tra le diverse tipologie di fondazione superficiale, abbassamenti ed innalzamenti, con la conseguente insorgenza di fenomeni fessurativi all'interno dei fabbricati.

Rimane quindi evidente la necessità di ricorrere all'impiego di fondazioni profonde per solidarizzare le quote dell'intradosso del piano di imposta delle fondazioni superficiali agli strati del "*crostello non degradato*" rendendo le stesse indipendenti dai fenomeni di rigonfiamento e diminuzione di volume del sottosuolo.

## **B. PARCHEGGIO:**

Considerazioni in qualche modo analoghe posso essere svolte per il corpo di fabbrica destinato a parcheggio con l'aggravante delle limitazioni imposte dalla presenza della galleria idraulica.

A prescindere infatti dall'esatto posizionamento planimetrico della galleria, risulta evidente come il canale risulti in pendenza con quota dell'estradosso della volta decrescente dalla via dei Moreri verso l'interno del comprensorio in direzione Viale Miramare.

La volta della galleria costituisce quindi sia un limite architettonico in quanto vincola le quote del pavimento del parcheggio, che un vincolo strutturale in quanto la stessa non deve in alcun modo essere interessata dallo scarico strutturale del parcheggio stesso.

Essendo anche qui gli strati di terreno di caratteristiche geotecniche *medie ma comunque sufficienti* - flysch degradato - in pendenza verso l'interno, è opportuno ricorrere all'impiego di fondazioni profonde - platea su pali - per assicurarsi da un lato che lo scarico avvenga interamente sul crostello non degradato e dall'altro che siano impediti cedimenti differenziali che potrebbero interessare la volta della galleria idraulica.

## **3. INDICAZIONI PER IL COMPLETAMENTO DELLA BONIFICA BELLICA**

### **- ESECUZIONE DI ULTERIORI INDAGINI GEOLOGICHE**

Da quanto sopra esposto, risulta evidente la necessità di ricorrere all'impiego di fondazioni su pali per tutti i corpi di fabbrica.

La lunghezza dei pali potrà essere graduata a seconda delle zone di infissione; le lunghezze complessive, incluso il tratto di infissione in roccia pari a 2,00 m, comunque da definire con precisione con il progetto esecutivo, sono qui di seguito elencate:

- pari a 6,00 m per le porzioni dei corpi di fabbrica lungo la via dei Moreri, la via Villan de Bachino e la via Montorsino;
- da 6,00-8,00 m per la porzione del parcheggio che costituisce il "lato lungo" compresa tra la via dei Moreri alta e la rampa interna di collegamento tra il piazzale interno e via dei Moreri/via Villan de Bachino;

- da 6,00-12,00 m nella zona dell'asilo che prospetta la rampa interna di collegamento e il piazzale interno;
- da 10,00-12,00 m per la porzione del parcheggio che costituisce il "lato lungo" che si affaccia sul lato interno del comprensorio;
- da 8,00-15,00 m lungo il "lato corto" del parcheggio con la maggior profondità verso la zona "a verde" all'interno del comprensorio e rivolta verso la via Montorsino.

La bonifica bellica di prossimo inizio con i lavori attualmente in appalto va quindi implementata aumentando la profondità di indagine, ove già prevista una bonifica profonda con garanzia fino a 3,00-4,00 m, portando le trivellazioni fino a 7,00 m.

Le indagini geologiche devono poi essere integrate, estendendo i sondaggi geognostici a carotaggio continuo per determinare la profondità della formazione flyschoidale marnoso arenacea nei n.3 punti indicati nella TAV.1 situati appena all'esterno del "lato corto" del parcheggio.

#### **4. DESCRIZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI PREVISTE**

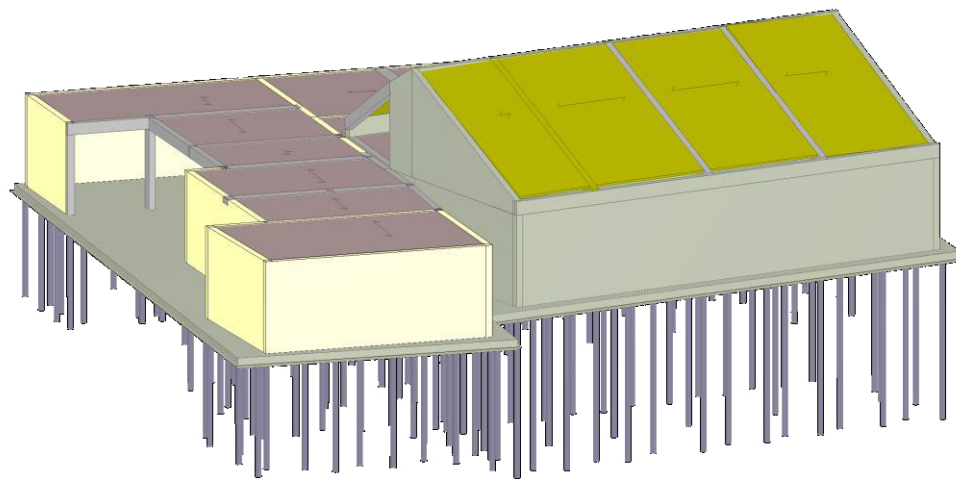
Il presente progetto illustra le caratteristiche delle due costruzioni progettate: l'asilo ed il parcheggio semiinterrato. Ai sensi delle NTC 2008 il primo è stato classificato in classe 3 (scuole) ed il secondo in classe 2 (avrebbe potuto esserlo anche in classe 1 data la presenza solo occasionale di persone, ma vista la natura pubblica dell'opera si è optato per la 2). Nelle tavole allegate sono indicati i particolari costruttivi con l'indicazione dei materiali e degli spessori assunti per le opere strutturali e quelle di finitura.

##### **1. Asilo**

Data la natura inclinata del substrato flyschoidale di appoggio, che consentiva di raggiungerlo con fondazioni continue solo nella parte alta verso via Villan de Banchino, si è optato per una fondazione a platea su pali, tutti infissi per 2.00 metri in flysch integro. Ciò in considerazione della notevole attività delle acque sotterranee che, con le modificazioni stagionali, provocano

rigonfiamenti del terreno (compreso flysch deteriorato) e di conseguenza fessurazioni nella costruzione.

I due corpi di fabbrica, di altezze molto diverse, sono stati separati con un giunto strutturale; altro giunto strutturale, dettato dalla conformazione a L, è stato previsto in prossimità dell'ingresso. Supponendo che per fattore estetico le previste travi in legno verranno posizionate a distanze eguali una dall'altra, occorrerà ridesignare la posizione di alcune forature. Lo stesso dicesi per le strutture vicine al giunto tra i due corpi d'opera.



## **2. Parcheggio**

Considerato che risulta non proponibile il posizionamento di pilastri sopra la volta della galleria idraulica, si producono due diverse soluzioni tecniche:

- a) nella prima si è semplicemente eliminato una fila di pilastri prevedendo travi con campate di 12.50 metri,
- b) nella seconda si sono allontanati i pilastri dal centro, ottenendo così uno schema a tre campate di cui quella centrale ha una luce di 8.00 metri. Questo corridoio dovrebbe essere soprastante alla volta della galleria.

Data la prossimità della platea di fondazione alla volta del canale torrentizio, in entrambi i casi si è optato per una tipologia fondazionale (platea su pali) tale da evitare assestamenti che

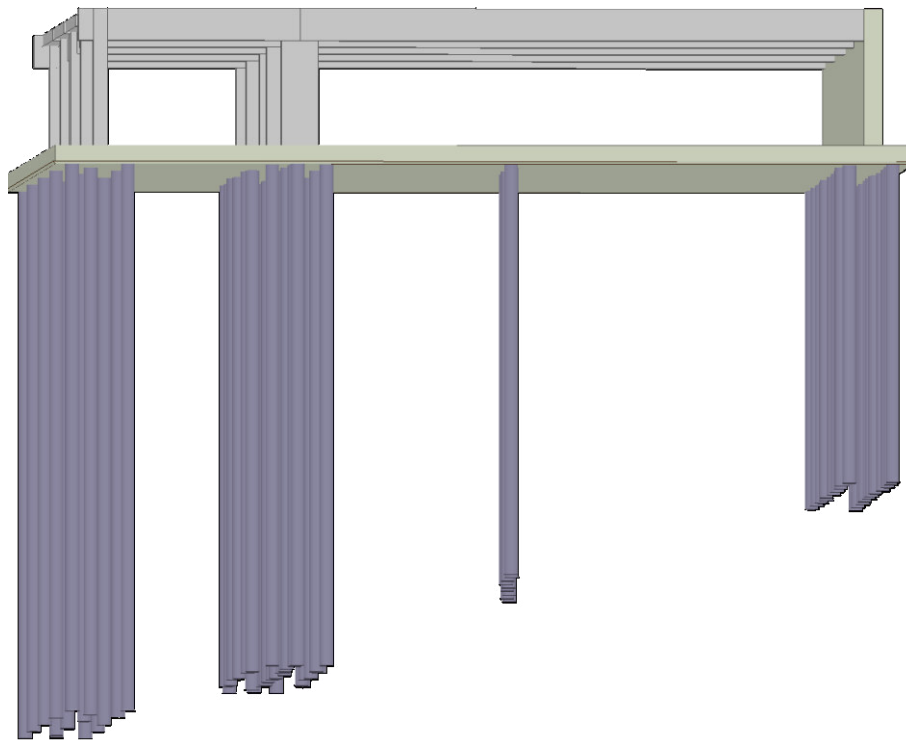


potrebbero portare a contatto le due strutture, di cui quella vecchia ad arco in pietra. La quota di imposta della platea di fondazione è quindi variabile, 50 cm al di sopra dell'estradosso della volta della galleria idraulica.

### **Soluzione a)**

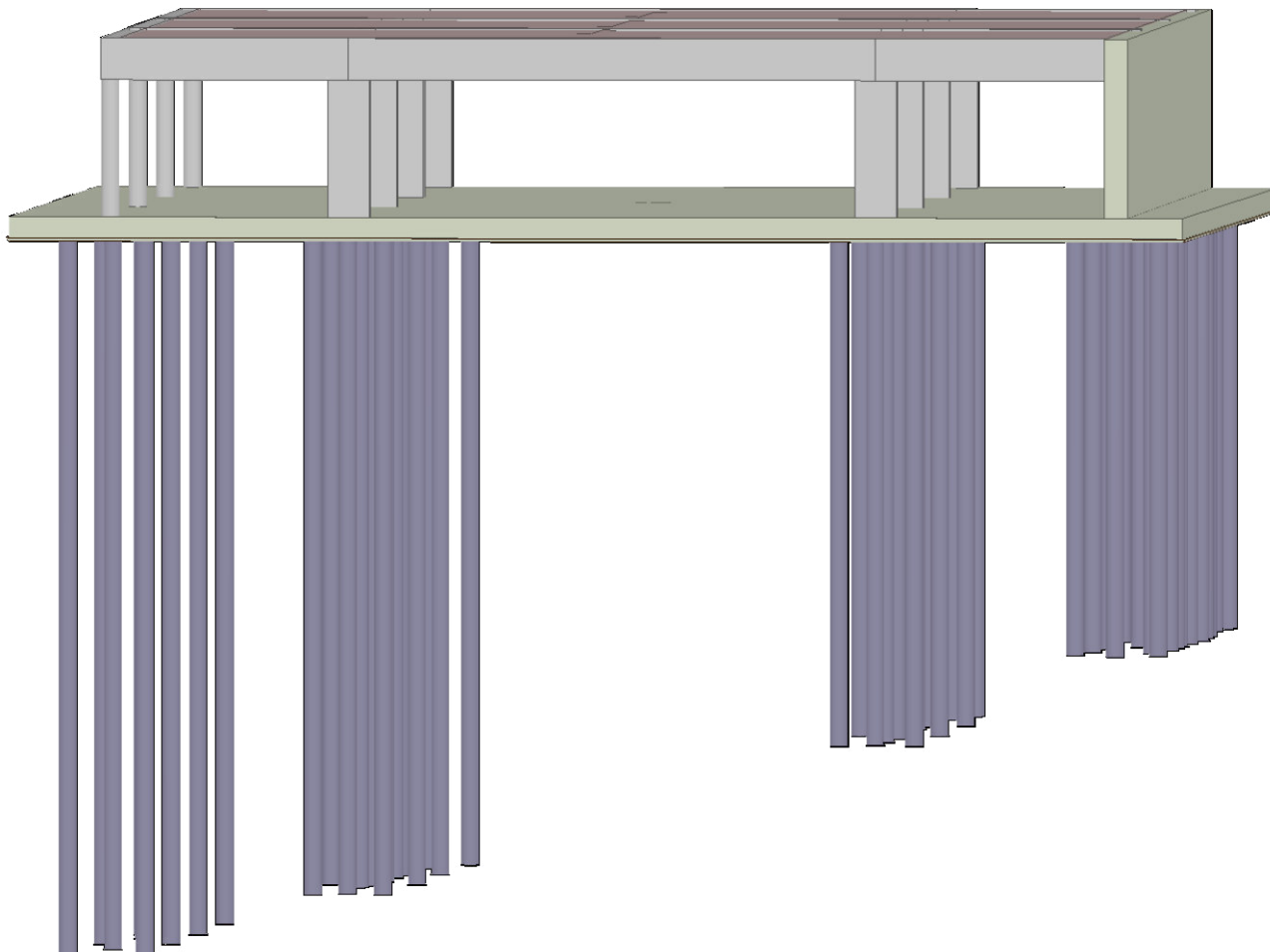
L'analisi sismica ha evidenziato una carenza di resistenza in direzione ortogonale ai telai, pertanto si sono sostituiti i pilastri tondi con rettangolari più sviluppati nella direzione debole. L'impalcato di copertura è stato previsto in solai spessore 33 cm con travi alte 70 cm. La lunghezza delle travi ha consigliato di realizzare i pilastri intermedi ogni 2 stalli (5 metri) in modo da ridurre le sollecitazioni.

La fila di pali alla quale non corrispondono strutture in elevazione è pensata unicamente quale consolidamento del bordo della galleria idraulica.



### **Soluzione b)**

La presenza di più appoggi ha permesso la conservazione sia dei pilastri tondi che dell'interasse tra telai di 3 stalli (7,50 m). Si sono mantenuti il solaio da 33 cm e le travi fuori spessore alte 70 cm.



## 5. RELAZIONE TECNICA GENERALE – RELAZIONE DI CALCOLO

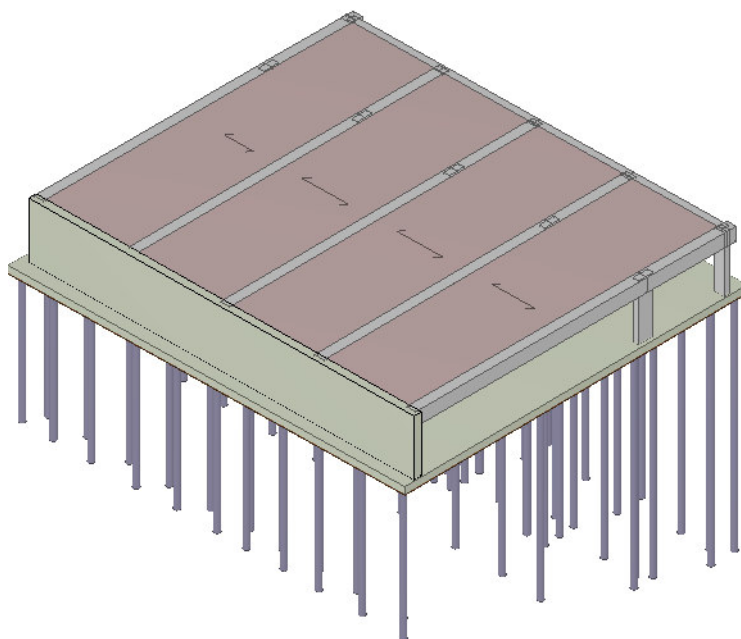
### 1 - DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Il progetto prevede la realizzazione di un parcheggio semiinterrato con copertura aperta al pubblico

Vengono riportate di seguito due viste assonometriche contrapposte, allo scopo di consentire una migliore comprensione della struttura oggetto della presente relazione:

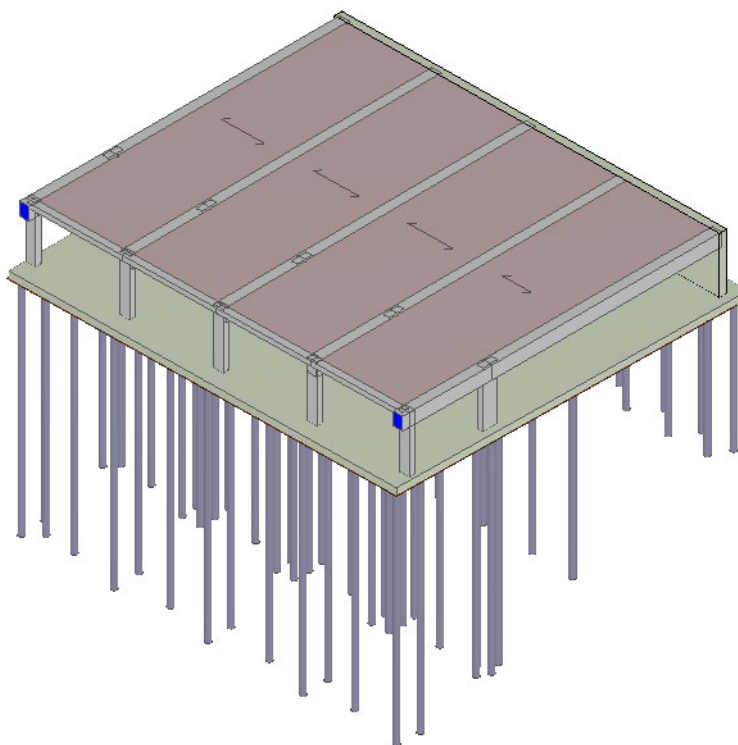
#### **Vista Anteriore**

*La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale  $O, X, Y, Z$ , ha versore  $(1;1;-1)$*



### Vista Posteriore

La direzione di visualizzazione (bisettrice del cono ottico), relativamente al sistema di riferimento globale  $0, X, Y, Z$ , ha versore  $(-1;-1;-1)$



## 2 - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le fasi di analisi e verifica della struttura sono state condotte in accordo alle seguenti disposizioni normative, per quanto applicabili in relazione al criterio di calcolo adottato dal progettista, evidenziato nel prosieguo della presente relazione:

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

*"Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".*

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64** (G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

*"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".*

Indicazioni progettive per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.

**D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008** (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.)

*"Norme tecniche per le Costruzioni".*

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nella:

**Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.)

*"Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".*

### 3 - MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Per la realizzazione dell'opera in oggetto saranno impiegati i seguenti materiali:

#### MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

Caratteristiche calcestruzzo armato															
N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>	N	n Ac
	[N/m³]	[1/°C]	[N/mm²]	[N/mm²]	[%]		[N/mm²]	[N/mm²]			[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]		
Cls C32/40_B450C - (C32/40)															
001	25.000	0,000010	33.643	14.018	60	P	40,00	-	0,85	1,50	18,81	1,45	3,72	15	002
Cls C28/35_B450C - (C28/35)															
003	25.000	0,000010	32.588	13.578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	15	002
Cls C25/30_B450C - (C25/30)															
004	25.000	0,000010	31.447	13.103	60	P	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	15	002

#### LEGENDA:

N <sub>id</sub>	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ <sub>k</sub>	Peso specifico.
α <sub>T, i</sub>	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
C <sub>Erid</sub>	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E <sub>sisma</sub> = E·C <sub>Erid</sub> ].
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica cubica.
R <sub>cm</sub>	Resistenza media cubica.
%R <sub>ck</sub>	Percentuale di riduzione della R <sub>ck</sub>
γ <sub>c</sub>	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f <sub>cd</sub>	Resistenza di calcolo a compressione.
f <sub>ctd</sub>	Resistenza di calcolo a trazione.
f <sub>cfm</sub>	Resistenza media a trazione per flessione.
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

#### MATERIALI ACCIAIO

Caratteristiche acciaio																
N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	f <sub>yk,1</sub> / f <sub>yk,2</sub>	f <sub>tk,1</sub> / f <sub>tk,2</sub>	f <sub>yd,1</sub> / f <sub>yd,2</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	NCn t	γ <sub>M7</sub> Cnt
	[N/m³]	[1/°C]	[N/mm²]	[N/mm²]		[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]	[N/mm²]							
Acciaio B450C - (B450C)																
002	78.500	0,000010	210.000	80.769	P	450,00	-	391,30	-	1,15	-	-	-	-	-	-
			0			-		-								

#### LEGENDA:

N <sub>id</sub>	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ <sub>k</sub>	Peso specifico.
α <sub>T, i</sub>	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
f <sub>tk,1</sub>	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).
f <sub>tk,2</sub>	Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
f <sub>td</sub>	Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).
γ <sub>s</sub>	Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.
γ <sub>M1</sub>	Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.
γ <sub>M2</sub>	Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.
γ <sub>M3,SLV</sub>	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).
γ <sub>M3,SLE</sub>	Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).
γ <sub>M7</sub>	Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCn <sub>t</sub> = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.
f <sub>yk,1</sub>	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t ≤ 40 mm).
f <sub>yk,2</sub>	Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
f <sub>yd,1</sub>	Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).
f <sub>yd,2</sub>	Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).
NOTE	[-] = Parametro non significativo per il materiale.

## TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	$\sigma_{d,amm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Cls C32/40_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	19,92
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	14,94
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	360,00
Cls C28/35_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	17,43
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	13,07
Cls C25/30_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	14,94
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	11,21

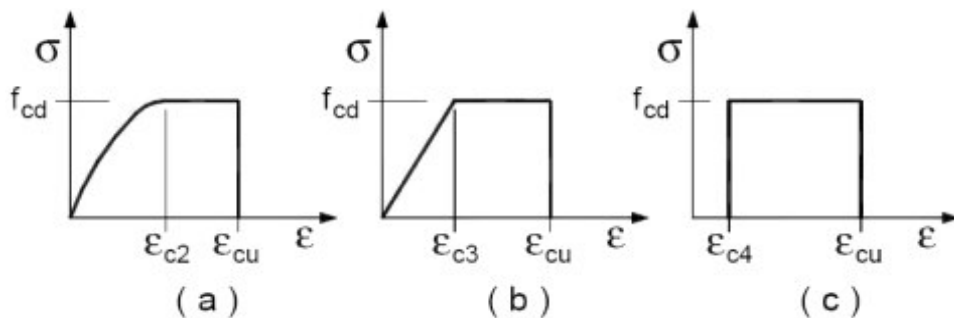
### LEGENDA:

**SL** Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.  
 **$\sigma_{d,amm}$**  Tensione ammissibile per la verifica.

I valori dei parametri caratteristici dei suddetti materiali sono riportati anche nei "*Tabulati di calcolo*", nella relativa sezione.

Tutti i materiali impiegati dovranno essere comunque verificati con opportune prove di laboratorio secondo le prescrizioni della vigente Normativa.

I diagrammi costitutivi degli elementi in calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al par. 4.1.2.1.2.2 del D.M. 14/01/2008; in particolare per le verifiche effettuate a pressoflessione retta e pressoflessione deviata è adottato il modello riportato in fig. (a).



Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo.

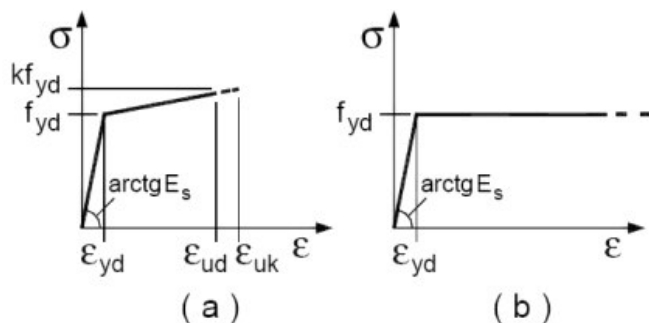
I valori di deformazione assunti sono:

$$\varepsilon_{c2} = 0,0020;$$

$$\varepsilon_{cu2} = 0,0035.$$

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al par. 4.1.2.1.2.3 del D.M. 14/01/2008; in particolare è adottato il modello elastico perfettamente plastico rappresentato in fig. (b).

La resistenza di calcolo è data da  $f_{yk}/\gamma_f$ . Il coefficiente di sicurezza  $\gamma_f$  si assume pari a 1,15.



## 4 - TERRENO DI FONDAZIONE

Le indagini effettuate, mirate alla valutazione della velocità delle onde di taglio ( $V_{S30}$ ) e/o del numero di colpi dello Standard Penetration Test ( $N_{SPT}$ ), permettono di classificare il profilo stratigrafico, ai fini della determinazione dell'azione sismica, di categoria **B [B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti]**.

Tutti i parametri che caratterizzano i terreni di fondazione sono riportati nei "Tabulati di calcolo", nella relativa sezione. Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni geologica e geotecnica.

## 5 - ANALISI DEI CARICHI

Un'accurata valutazione dei carichi è un requisito imprescindibile di una corretta progettazione, in particolare per le costruzioni realizzate in zona sismica.

Essa, infatti, è fondamentale ai fini della determinazione delle forze sismiche, in quanto incide sulla valutazione delle masse e dei periodi propri della struttura dai quali dipendono i valori delle accelerazioni (ordinate degli spettri di progetto).

La valutazione dei carichi e dei sovraccarichi è stata effettuata in accordo con le disposizioni del **D.M. 14/01/2008**.

La valutazione dei carichi permanenti è effettuata sulle dimensioni definitive.

Le analisi effettuate, corredate da dettagliate descrizioni, oltre che nei "Tabulati di calcolo" nella relativa sezione, sono di seguito riportate:

### ANALISI CARICHI

										Analisi carichi	
N <sub>id</sub>	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico Neve	
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA		
										[N/m²]	
001	S	Platea autorimessa	Autorimessa <= 30kN	<i>*vedi le relative tabelle dei carichi</i>	-	Sottofondo e pavimento di tipo industriale in calcestruzzo	2.800	Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN (Cat. F – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008)	3.500	0	
002	S	LatCem spazi pubbl. H 33	Locali Pubblici	Solaio di tipo tradizionale latero-cementizio di spessore 33 cm (28+5)	3.530	Intonaco inferiore, massetto, pavimentazione lapidea	7.800	Folla compatta	6.000	0	

#### LEGENDA:

**N<sub>id</sub>** Numero identificativo dell'analisi di carico.

**T. C.** Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.

**PP, PNS, SA** Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m<sup>2</sup>] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

## 6 - VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni riportate al capitolo 3.2 del D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".

In particolare il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo  $T_c$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate.

Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum **ED50**:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
45.6660	13.7722	12

## 6.1 Verifiche di regolarità

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di struttura adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura.

La tabella seguente riepiloga, per la struttura in esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze	NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	NO
Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25 % della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione	NO
Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti	SI

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
Tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione	SI
Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base	SI
Nelle strutture intelaiate progettate in CD"B" il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti	SI
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento	SI

La rigidezza è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e  $\delta$ , spostamento relativo di piano (il taglio di piano è la sommatoria delle azioni orizzontali agenti al di sopra del piano considerato).

Tutti i valori calcolati ed utilizzati per le verifiche sono riportati nei "*Tabulati di calcolo*" nella relativa sezione.

La struttura è pertanto:

in pianta	in altezza
<b>NON REGOLARE</b>	<b>REGOLARE</b>



## 6.2 Spettri di Progetto per S.L.U. e S.L.D.

L'edificio è stato progettato per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso** pari a **2**.

In base alle indagini geognostiche effettuate si è classificato il **suolo** di fondazione di **categoria B**, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	Parametri di pericolosità sismica							
	$a_g$ [g]	$F_0$	$T^*_c$ [s]	$C_c$	$T_B$ [s]	$T_c$ [s]	$T_D$ [s]	$S_s$ [s]
SLO	0.0333	2.546	0.210	1.50	0.105	0.316	1.733	1.20
SLD	0.0436	2.576	0.236	1.47	0.115	0.346	1.774	1.20
SLV	0.1177	2.494	0.327	1.38	0.150	0.449	2.071	1.20
SLC	0.1492	2.568	0.337	1.37	0.153	0.460	2.197	1.20

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione ( $a_g$ ) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Struttura ( $q$ ).

Il Fattore di struttura  $q$  è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza.

Si è inoltre assunto il **Coefficiente di Amplificazione Topografica** ( $S_T$ ) pari a **1,00**.

Tali succitate caratteristiche sono riportate negli allegati "*Tabulati di calcolo*" al punto "DATI GENERALI ANALISI SISMICA".

Per la struttura in esame sono stati determinati i seguenti valori:

Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Struttura ( $q_x$ ) per sisma orizzontale in direzione X: **1,500;**

Fattore di Struttura ( $q_y$ ) per sisma orizzontale in direzione Y: **1,500;**

Fattore di Struttura ( $q_z$ ) per sisma verticale: **1,50.**

Di seguito si esplicita il calcolo del fattore di struttura utilizzato per il sisma orizzontale:

	Dir. X	Dir. Y
Tipologia (Tab. 7.4.I D.M. 14/01/2008)	Deformabili torsionalmente	Deformabili torsionalmente
Tipologia strutturale	-	-
$\alpha_u/\alpha_1$	<b>1</b>	<b>1</b>
$q_0$	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>
$k_w$	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>

Il fattore di struttura è calcolato secondo la relazione (7.3.1) del par. 7.3.1 del D.M. 14/01/2008:

$$q = K_w \cdot q_0 \cdot K_R;$$

dove:

$q_0$  è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$  tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

$K_R$  è un fattore riduttivo 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;

$k_w$  è il coefficiente che riflette la modalità di collasso prevalente in sistemi strutturali con pareti.

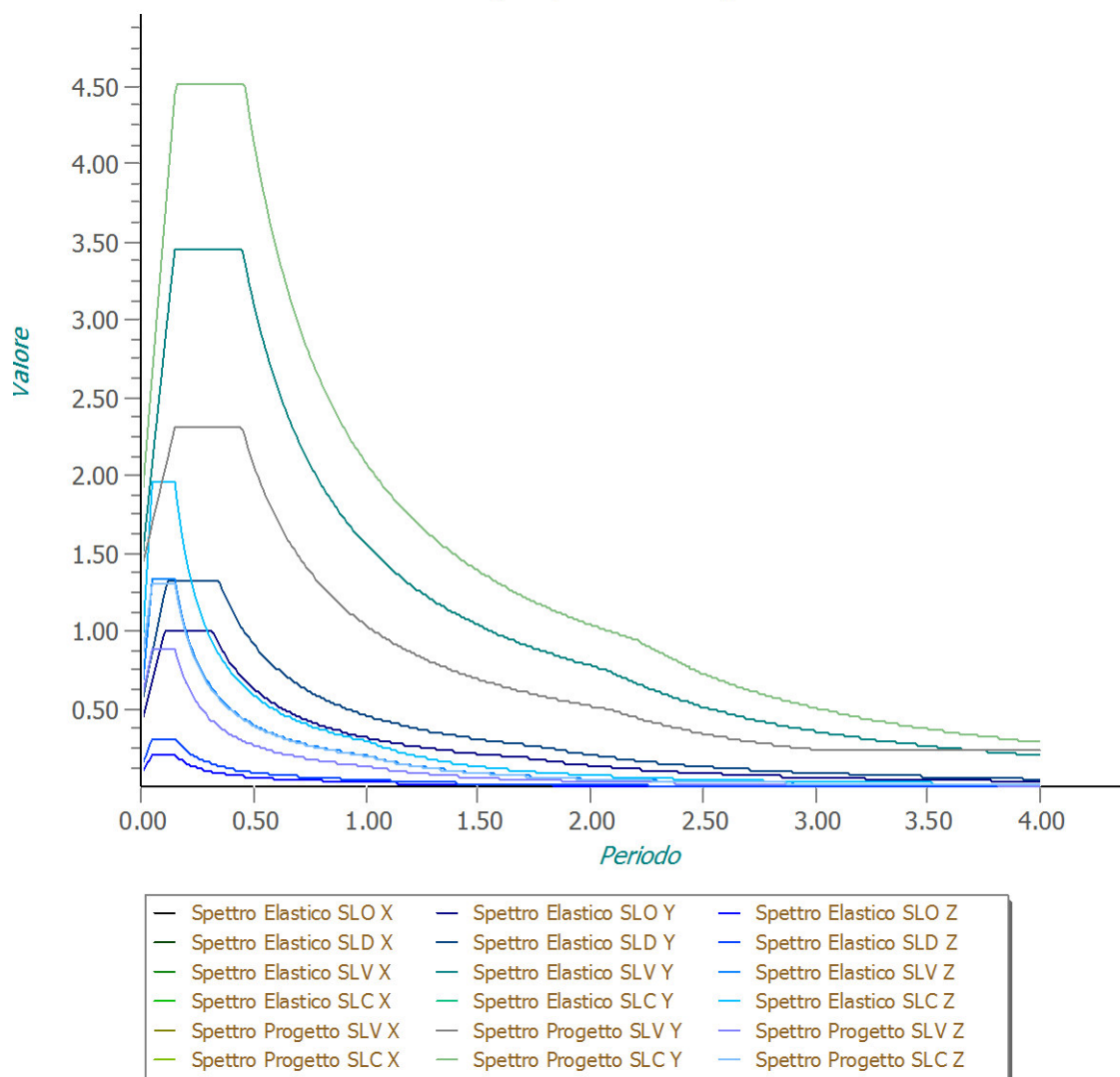
**N.B:** Per le costruzioni **regolari in pianta**, qualora non si proceda ad un'analisi non lineare finalizzata alla valutazione del rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$ , per esso possono essere adottati i valori indicati nei par. 7.4.3.2 del D.M. 14/01/2008 per le diverse tipologie costruttive. Per le costruzioni **non regolari in pianta**, si possono adottare valori di  $\alpha_u/\alpha_1$  pari alla media tra 1,0 ed i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive.

**Tabella 7.4.I - Valori di  $q_0$**

Tipologia	$q_0$	
	CD"B"	CD"A"
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3,0 \cdot \alpha_u/\alpha_1$	$4,5 \cdot \alpha_u/\alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4,0 \cdot \alpha_u/\alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.

**Grafico degli Spettri di Risposta**



## 6.3 Metodo di Analisi

Il calcolo delle azioni sismiche è stato eseguito in analisi dinamica modale, considerando il comportamento della struttura in regime elastico lineare.

Il numero di **modi di vibrazione** considerato (**15**) ha consentito, nelle varie condizioni, di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura:

Stato Limite	Direzione Sisma	%
salvaguardia della vita	X	100.0
salvaguardia della vita	Y	99.9
salvaguardia della vita	Z	100.0

Per valutare la risposta massima complessiva di una generica caratteristica E, conseguente alla sovrapposizione dei

modi, si è utilizzata una tecnica di combinazione probabilistica definita CQC (*Complete Quadratic Combination - Combinazione Quadratica Completa*):

$$E = \sqrt{\sum_{i,j=1,n} \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j} \quad \text{con} \quad \rho_{ij} = \frac{8 \cdot \xi^2 \cdot (1 + \beta_{ij}) \cdot \beta_{ij}^{\frac{3}{2}}}{(1 - \beta_{ij}^2)^2 + 4 \cdot \xi^2 \cdot \beta_{ij} \cdot (1 + \beta_{ij}^2)} \quad \beta_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

dove:

- n è il numero di modi di vibrazione considerati;
- $\xi$  è il coefficiente di smorzamento viscoso equivalente espresso in percentuale;
- $\beta_{ij}$  è il rapporto tra le frequenze di ciascuna coppia i-j di modi di vibrazione.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito.

Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti. Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei.

Si è tenuto conto delle deformabilità taglianti e flessionali degli elementi monodimensionali; muri, pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento a guscio (sia a piastra che a lastra).

Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti.

Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

## 6.4 Valutazione degli spostamenti

Gli spostamenti  $d_E$  della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV sono stati ottenuti moltiplicando per il fattore  $\mu_d$  i valori  $d_{Ee}$  ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee}$$

dove

$$\begin{aligned} \mu_d &= q & \text{se } T_1 \geq T_C; \\ \mu_d &= 1 + (q-1) \cdot T_C / T_1 & \text{se } T_1 < T_C. \end{aligned}$$

In ogni caso  $\mu_d \leq 5q - 4$ .

## 6.5 Combinazione delle componenti dell'azione sismica

Le azioni orizzontali dovute al sisma sulla struttura vengono convenzionalmente determinate come agenti separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate. In generale, però, le componenti orizzontali del sisma devono essere considerate come agenti simultaneamente. A tale scopo, la combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali dell'azione sismica sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY} \quad E_{EdY} \pm 0,30E_{EdX}$$

dove:

$E_{EdX}$  rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale X scelto della struttura;

$E_{EdY}$  rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione dell'azione sismica lungo l'asse orizzontale Y scelto della struttura.

L'azione sismica verticale deve essere considerata in presenza di: elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi pressoché orizzontali precompressi, elementi a sbalzo pressoché orizzontali con luce maggiore di 5 m, travi che sostengono colonne, strutture isolate.

La combinazione della componente verticale del sisma, qualora portata in conto, con quelle orizzontali è stata tenuta in conto come segue:

- gli effetti delle azioni dovuti alla combinazione delle componenti orizzontali e verticali del sisma sono stati valutati mediante le seguenti combinazioni:

$$E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY} \pm 0,30E_{EdZ} \quad E_{EdY} \pm 0,30E_{EdX} \pm 0,30E_{EdZ} \quad E_{EdZ} \pm 0,30E_{EdX} \pm 0,30E_{EdY}$$

dove:

$E_{EdX}$  e  $E_{EdY}$  sono gli effetti dell'azione sismica nelle direzioni orizzontali prima definite;

$E_{EdZ}$  rappresenta gli effetti dell'azione dovuti all'applicazione della componente verticale dell'azione sismica di progetto.

## 6.6 Eccentricità accidentali

Per valutare le eccentricità accidentali, previste in aggiunta all'eccentricità effettiva sono state considerate condizioni di carico aggiuntive ottenute applicando l'azione sismica nelle posizioni del centro di massa di ogni piano ottenute traslando gli stessi, in ogni direzione considerata, di una distanza pari a  $\pm 5\%$  della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

## 7 - AZIONI SULLA STRUTTURA

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 14/01/2008. I carichi agenti sui solai, derivanti dall'analisi dei carichi, vengono ripartiti dal programma di calcolo in modo automatico sulle membrature (travi, pilastri, pareti, solette, platee, ecc.).

I carichi dovuti ai tamponamenti, sia sulle travi di fondazione che su quelle di piano, sono schematizzati come carichi lineari agenti esclusivamente sulle aste.

Su tutti gli elementi strutturali è inoltre possibile applicare direttamente ulteriori azioni concentrate e/o distribuite (variabili con legge lineare ed agenti lungo tutta l'asta o su tratti limitati di essa).

Le azioni introdotte direttamente sono combinate con le altre (carichi permanenti, accidentali e sisma) mediante le combinazioni di carico di seguito descritte; da esse si ottengono i valori probabilistici da impiegare successivamente nelle verifiche.

### 7.1 Stato Limite di Salvaguardia della Vita

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti.

Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{K1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{K2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{K3} + \dots \quad (1)$$

dove:

$G_1$	rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);
$G_2$	rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
$P$	rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
$Q$	azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;</li> <li>- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;</li> </ul>
$Q_{ki}$	rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;
$\gamma_{gr}, \gamma_{qr}, \gamma_p$	coefficienti parziali come definiti nella Tab. 2.6.I del D.M. 14/01/2008;
$\psi_{0i}$	sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le **32 combinazioni** risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base ( $Q_{k1}$  nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati "*Tabulati di calcolo*".

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

$E$	rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame;
$G_1$	rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
$G_2$	rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
$P$	rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
$\psi_{2i}$	coefficiente di combinazione delle azioni variabili $Q_i$ ;
$Q_{ki}$	valore caratteristico dell'azione variabile $Q_i$ .

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

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I valori dei coefficienti  $\psi_{2i}$  sono riportati nella seguente tabella:

Categoria/Azione	$\psi_{2i}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,3
Categoria B - Uffici	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,6
Categoria E - Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	0,8
Categoria F - Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,6
Categoria G - Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,3
Categoria H - Coperture	0,0
Vento	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,2
Variazioni termiche	0,0

Le verifiche strutturali e geotecniche delle fondazioni, sono state effettuate con l'**Approccio 2** come definito al par. 2.6.1 del D.M. 14/01/2008, attraverso la combinazione **A1+M1+R3**. Le azioni sono state amplificate tramite i coefficienti della colonna A1 (STR) definiti nella Tab. 6.2.I del D.M. 14/01/2008.

I valori di resistenza del terreno sono stati ridotti tramite i coefficienti della colonna M1 definiti nella Tab. 6.2.II del D.M. 14/01/2008.

I valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della Tab. 6.4.I del D.M. 14/01/2008 per le fondazioni superficiali. Per le fondazioni su pali, i valori calcolati delle resistenze totali dell'elemento strutturale sono stati divisi per i coefficienti R3 della Tab. 6.4.II del D.M. 14/01/2008.

Si è quindi provveduto a progettare le armature di ogni elemento strutturale per ciascuno dei valori ottenuti secondo le modalità precedentemente illustrate. Nella sezione relativa alle verifiche dei "*Tabulati di calcolo*" in

allegato sono riportati, per brevità, i valori della sollecitazione relativi alla combinazione cui corrisponde il minimo valore del coefficiente di sicurezza.

## 7.2 Stato Limite di Danno

L'azione sismica, ottenuta dallo spettro di progetto per lo Stato Limite di Danno, è stata combinata con le altre azioni mediante una relazione del tutto analoga alla precedente:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

dove:

- E rappresenta l'azione sismica per lo stato limite in esame;
- G<sub>1</sub> rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G<sub>2</sub> rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P rappresenta l'azione di pretensione e/o precompressione;
- ψ<sub>2i</sub> coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q<sub>i</sub>;
- Q<sub>ki</sub> valore caratteristico dell'azione variabile Q<sub>i</sub>.

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

$$G_K + \sum_i (\psi_{2i} \cdot Q_{ki})$$

I valori dei coefficienti ψ<sub>2i</sub> sono riportati nella tabella di cui allo SLV.

## 7.3 Stati Limite di Esercizio

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 14/01/2008 al par. 2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

rara	frequente	quasi permanente
$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	$\sum_{j \geq 1} G_{kj} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

dove:

- G<sub>kj</sub>: valore caratteristico della j-esima azione permanente;
- P<sub>kh</sub>: valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;
- Q<sub>kl</sub>: valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- Q<sub>ki</sub>: valore caratteristico della i-esima azione variabile;
- ψ<sub>0i</sub>: coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;
- ψ<sub>1i</sub>: coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;
- ψ<sub>2i</sub>: coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Ai coefficienti  $\psi_{0i}$ ,  $\psi_{1i}$ ,  $\psi_{2i}$  sono attribuiti i seguenti valori:

Azione	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
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 – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H – Coperture	0,0	0,0	0,0
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

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico accidentale è stata considerata sollecitazione di base [ $Q_{k1}$  nella formula (1)], con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento (trave, pilastro, etc...) sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

Negli allegati "*Tabulati Di Calcolo*" sono riportanti i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "**Quasi Permanente**" (1), "**Frequente**" (3) e "**Rara**" (3).

Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

## 8 - CODICE DI CALCOLO IMPIEGATO

### 8.1 Denominazione

Nome del Software	<b>EdiLus</b>
Versione	40.00b
Caratteristiche del Software	Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows
Numero di serie	10111583
Intestatario Licenza	PERTOT ing. LIVIO
Produzione e Distribuzione	<b>ACCA software S.p.A.</b> Contrada Rosole 13 83043 BAGNOLI IRPINO (AV) - Italy Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: info@acca.it - Internet: www.acca.it

### 8.2 Sintesi delle funzionalità generali

Il pacchetto consente di modellare la struttura, di effettuare il dimensionamento e le verifiche di tutti gli elementi strutturali e di generare gli elaborati grafici esecutivi.

È una procedura integrata dotata di tutte le funzionalità necessarie per consentire il calcolo completo di una struttura mediante il metodo degli elementi finiti (FEM); la modellazione della struttura è realizzata tramite elementi Beam (travi e pilastri) e Shell (platee, pareti, solette, setti, travi-parete).

L'input della struttura avviene per oggetti (travi, pilastri, solai, solette, pareti, etc.) in un ambiente grafico integrato; il modello di calcolo agli elementi finiti, che può essere visualizzato in qualsiasi momento in una apposita finestra, viene generato dinamicamente dal software.

Apposite funzioni consentono la creazione e la manutenzione di archivi Sezioni, Materiali e Carichi; tali archivi sono generali, nel senso che sono creati una tantum e sono pronti per ogni calcolo, potendoli comunque integrare/modificare in ogni momento.

L'utente non può modificare il codice ma soltanto eseguire delle scelte come:

- definire i vincoli di estremità per ciascuna asta (vincoli interni) e gli eventuali vincoli nei nodi (vincoli esterni);
- modificare i parametri necessari alla definizione dell'azione sismica;
- definire condizioni di carico;
- definire gli impalcati come rigidi o meno.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Il calcolo si basa sul solutore agli elementi finiti MICROSAP prodotto dalla società TESYS srl. La scelta di tale codice è motivata dall'elevata affidabilità dimostrata e dall'ampia documentazione a disposizione, dalla quale risulta la sostanziale uniformità dei risultati ottenuti su strutture standard con i risultati internazionalmente accettati ed utilizzati come riferimento.

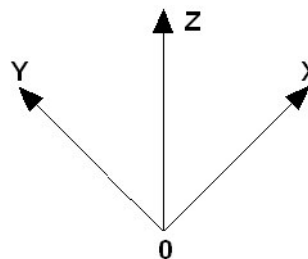
Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

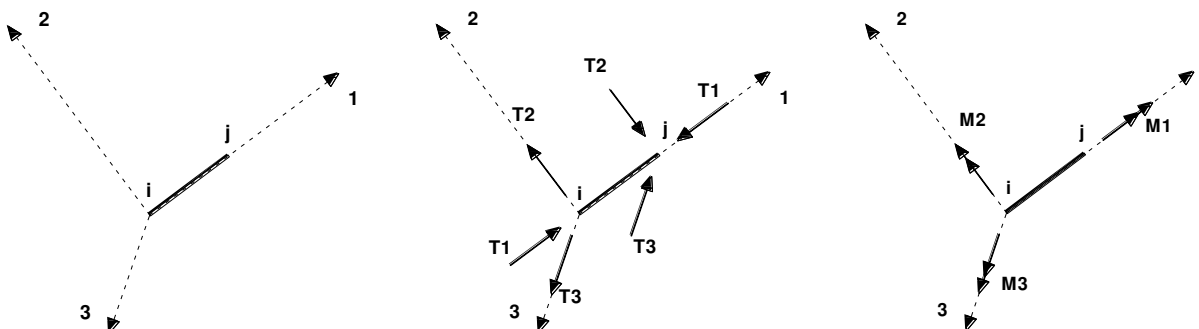
## 8.3 Sistemi di Riferimento

### 8.3.1 Riferimento globale

Il sistema di riferimento globale, rispetto al quale va riferita l'intera struttura, è costituito da una terna di assi cartesiani sinistrorsa O, X, Y, Z (X, Y, e Z sono disposti e orientati rispettivamente secondo il pollice, l'indice ed il medio della mano destra, una volta posizionati questi ultimi a 90° tra loro).



### 8.3.2 Riferimento locale per travi



L'elemento Trave è un classico elemento strutturale in grado di ricevere Carichi distribuiti e Carichi Nodali applicati ai due nodi di estremità; per effetto di tali carichi nascono, negli estremi, sollecitazioni di taglio, sforzo normale, momenti flettenti e torcenti.

Definiti i e j (nodi iniziale e finale della Trave) viene individuato un sistema di assi cartesiani 1-2-3 locale all'elemento, con origine nel Nodo i così composto:

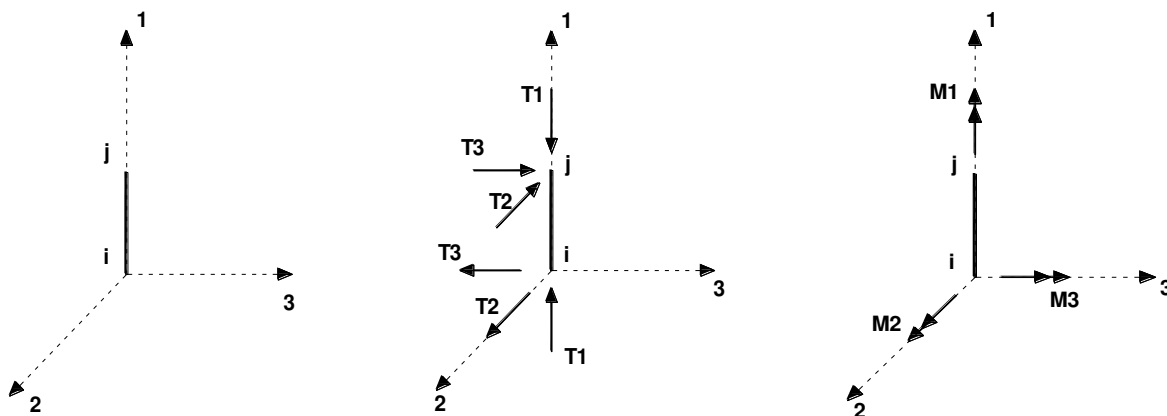
- asse 1 orientato dal nodo i al nodo j;
- assi 2 e 3 appartenenti alla sezione dell'elemento e coincidenti con gli assi principali d'inerzia della sezione stessa.

Le sollecitazioni verranno fornite in riferimento a tale sistema di riferimento:

1. Sollecitazione di Trazione o Compressione  $T_1$  (agente nella direzione i-j);
2. Sollecitazioni taglianti  $T_2$  e  $T_3$ , agenti nei due piani 1-2 e 1-3, rispettivamente secondo l'asse 2 e l'asse 3;
3. Sollecitazioni che inducono flessione nei piani 1-3 e 1-2 ( $M_2$  e  $M_3$ );
4. Sollecitazione torcente  $M_1$ .



### 8.3.3 Riferimento locale per pilastri



Definiti i e j come i due nodi iniziale e finale del pilastro, viene individuato un sistema di assi cartesiani 1-2-3 locale all'elemento, con origine nel Nodo i così composto:

- asse 1 orientato dal nodo i al nodo j;
- asse 2 perpendicolare all' asse 1, parallelo e discorde all'asse globale Y;
- asse 3 che completa la terna destrorsa, parallelo e concorde all'asse globale X.

Tale sistema di riferimento è valido per Pilastri con angolo di rotazione pari a '0' gradi; una rotazione del pilastro nel piano XY ha l'effetto di ruotare anche tale sistema (ad es. una rotazione di '90' gradi porterebbe l'asse 2 a essere parallelo e concorde all'asse X, mentre l'asse 3 sarebbe parallelo e concorde all'asse globale Y). La rotazione non ha alcun effetto sull'asse 1 che coinciderà sempre e comunque con l'asse globale Z.

Per quanto riguarda le sollecitazioni si ha:

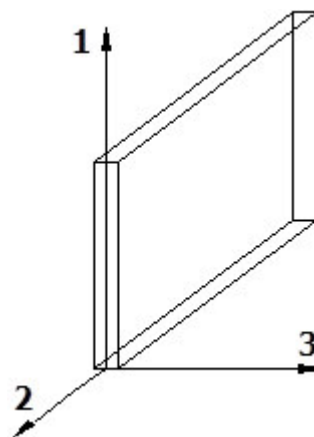
- una forza di trazione o compressione  $T_1$ , agente lungo l'asse locale 1;
- due forze taglienti  $T_2$  e  $T_3$  agenti lungo i due assi locali 2 e 3;
- due vettori momento (flettente)  $M_2$  e  $M_3$  agenti lungo i due assi locali 2 e 3;
- un vettore momento (torcente)  $M_1$  agente lungo l'asse locale nel piano 1.

### 8.3.4 Riferimento locale per pareti

Una parete è costituita da una sequenza di setti; ciascun setto è caratterizzato da un sistema di riferimento locale 1-2-3 così individuato:

- asse 1, coincidente con l'asse globale Z;
- asse 2, parallelo e discorde alla linea d'asse della traccia del setto in pianta;
- asse 3, ortogonale al piano della parete, che completa la terna levogira.

Su ciascun setto l'utente ha la possibilità di applicare uno o più carichi uniformemente distribuiti comunque orientati nello spazio; le componenti di tali carichi possono essere fornite, a discrezione dell'utente, rispetto al riferimento globale X,Y,Z oppure rispetto al riferimento locale 1,2,3 appena definito.



Si rende necessario, a questo punto, meglio precisare le modalità con cui EdiLus restituisce i risultati di calcolo.

Nel modello di calcolo agli elementi finiti ciascun setto è discretizzato in una serie di elementi tipo "shell" interconnessi; il solutore agli elementi finiti integrato nel programma EdiLus, definisce un riferimento locale per ciascun elemento shell e restituisce i valori delle tensioni esclusivamente rispetto a tali riferimenti.

Il software EdiLus provvede ad omogeneizzare tutti i valori riferendoli alla terna 1-2-3. Tale operazione consente, in fase di input, di ridurre al minimo gli errori dovuti alla complessità d'immissione dei dati stessi ed allo stesso tempo di restituire all'utente dei risultati facilmente interpretabili.

Tutti i dati cioè, sia in fase di input che in fase di output, sono organizzati secondo un criterio razionale vicino al modo di operare del tecnico e svincolato dal procedimento seguito dall'elaboratore elettronico.

In tal modo ad esempio, il significato dei valori delle tensioni può essere compreso con immediatezza non solo dal progettista che ha operato con il programma ma anche da un tecnico terzo non coinvolto nell'elaborazione; entrambi, così, potranno controllare con facilità dal tabulato di calcolo, la congruità dei valori riportati.

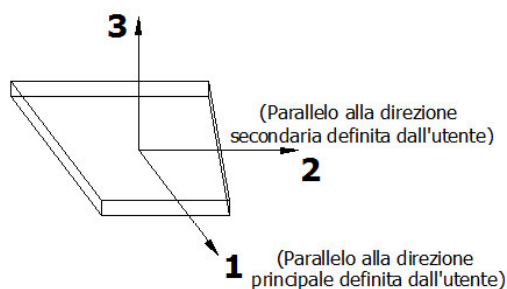
Un'ultima notazione deve essere riservata alla modalità con cui il programma fornisce le armature delle pareti, con riferimento alla faccia anteriore e posteriore.

La faccia anteriore è quella di normale uscente concorde all'asse 3 come prima definito o, identicamente, quella posta alla destra dell'osservatore che percorresse il bordo superiore della parete concordemente al verso di tracciamento.

### 8.3.5 Riferimento locale per solette e platee

Ciascuna soletta e platea è caratterizzata da un sistema di riferimento locale 1,2,3 così definito:

- asse 1, coincidente con la direzione principale di armatura;
- asse 2, coincidente con la direzione secondaria di armatura;
- asse 3, ortogonale al piano della parete, che completa la terna levogira.



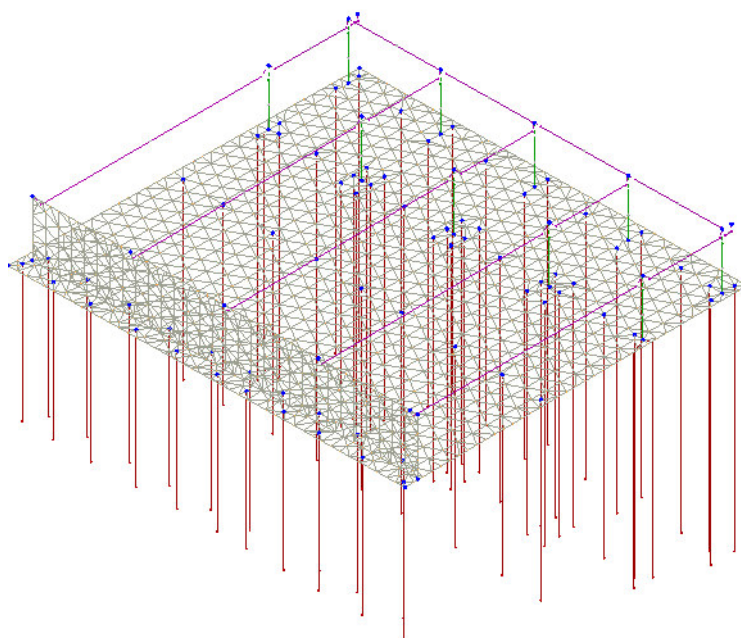
## 8.4 Modello di Calcolo

Il modello della struttura viene creato automaticamente dal codice di calcolo, individuando i vari elementi strutturali e fornendo le loro caratteristiche geometriche e meccaniche.

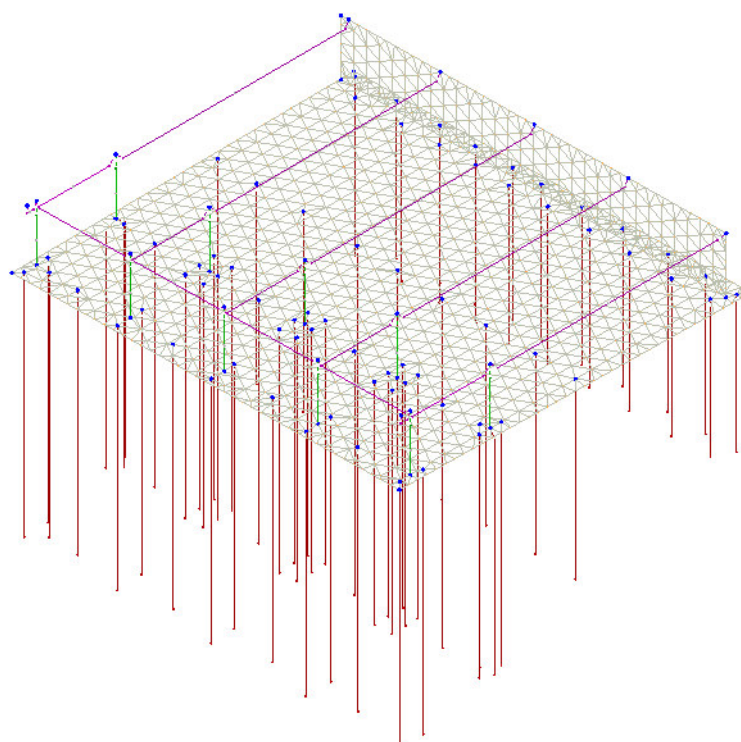
Viene definita un'opportuna numerazione degli elementi (nodi, aste, shell) costituenti il modello, al fine di individuare celermente ed univocamente ciascun elemento nei "Tabulati di calcolo".

Qui di seguito è fornita una rappresentazione grafica dettagliata della discretizzazione operata con evidenziazione dei nodi e degli elementi.

### Vista Anteriore



### Vista Posteriore



Dalle illustrazioni precedenti si evince come le aste, sia travi che pilastri, siano schematizzate con un tratto flessibile centrale e da due tratti (braccetti) rigidi alle estremità. I nodi vengono posizionati sull'asse verticale dei pilastri, in corrispondenza dell'estradosso della trave più alta che in esso si collega. Tramite i braccetti i tratti flessibili sono quindi collegati ad esso.

In questa maniera il nodo risulta perfettamente aderente alla realtà poiché vengono presi in conto tutti gli eventuali disassamenti degli elementi con gli effetti che si possono determinare, quali momenti flettenti/torcenti aggiuntivi.

Le sollecitazioni vengono determinate, com'è corretto, solo per il tratto flessibile. Sui tratti rigidi, infatti, essendo (teoricamente) nulle le deformazioni le sollecitazioni risultano indeterminate.

Questa schematizzazione dei nodi viene automaticamente realizzata dal programma anche quando il nodo sia determinato dall'incontro di più travi senza il pilastro, o all'attacco di travi/pilastri con elementi shell.

Il vincolo offerto dai pali è del tipo incastro cedevole con rigidzze traslazionali in direzione X,Y,Z e rotazionali in X ed Y. In direzione Z la rigidzza rotazionale è trascurata. Il calcolo di tali rigidzze è effettuato in Z con un metodo

geotecnico che tiene conto dello spessore deformabile, mentre le altre sono ricavate da relazioni riportate in EC8 parte 5 app. C.

## 9 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni non sismiche in base al D.M. 14/01/2008, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'azione del sisma secondo quanto indicato nel par. 2.5.3, relazione (2.5.5) del D.M. 14/01/2008;
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

### 9.1 Verifiche di Resistenza

#### 9.1.1 Elementi in C.A.

Illustriamo, in dettaglio, il procedimento seguito in presenza di pressoflessione deviata (pilastri e trave di sezione generica):

- per tutte le terne  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $N$ , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base alla formula 4.1.10 del D.M. 14/01/2008, effettuando due verifiche a pressoflessione retta con la seguente formula:

$$\left( \frac{M_{Ex}}{M_{Rx}} \right)^\alpha + \left( \frac{M_{Ey}}{M_{Ry}} \right)^\alpha \leq 1$$

dove:

- $M_{Ex}$ ,  $M_{Ey}$  sono i valori di calcolo delle due componenti di flessione retta dell'azione attorno agli assi di flessione X ed Y del sistema di riferimento locale;
- $M_{Rx}$ ,  $M_{Ry}$  sono i valori di calcolo dei momenti resistenti di pressoflessione retta corrispondenti allo sforzo assiale  $N_{Ed}$  valutati separatamente attorno agli assi di flessione.

L'esponente  $\alpha$  può dedursi in funzione della geometria della sezione, della percentuale meccanica dell'armatura e della sollecitazione di sforzo normale agente.

- se per almeno una di queste terne la relazione 4.1.10 non è rispettata, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando la suddetta relazione è rispettata per tutte le terne considerate.

Sempre quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito per le travi verificate/semiprogettate a pressoflessione retta:

- per tutte le coppie  $M_x$ ,  $N$ , individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il coefficiente di sicurezza in base all'armatura adottata;
- se per almeno una di queste coppie esso è inferiore all'unità, si incrementa l'armatura variando il diametro delle barre utilizzate e/o il numero delle stesse in maniera iterativa fino a quando il coefficiente di sicurezza risulta maggiore o al più uguale all'unità per tutte le coppie considerate.

Nei "Tabulati di calcolo", per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la terna  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $N$ , o la coppia  $M_x$ ,  $N$  che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.

Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti.

Successivamente si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.

### 9.1.1.1 Fondazioni superficiali

Le metodologie, i modelli usati ed i risultati del calcolo del carico limite sono esposti nella relazione GEOTECNICA.

### 9.1.1.2 Pali di fondazione

Le metodologie, i modelli usati ed i risultati del calcolo del carico limite sono esposti nella relazione GEOTECNICA.

## 10 - TABULATI DI CALCOLO

### INFORMAZIONI GENERALI

Edificio	Cemento Armato
Costruzione	Nuova
Situazione	-
Intervento	-
Comune	Trieste
Provincia	Trieste
Oggetto	Riqualificazione caserma Polstrada di Roiano
Parte d'opera	Codice opera 03231
Normativa di riferimento	Parcheggio semiinterrato
Zona sismica	D.M. 14/01/2008
Analisi sismica	-
	Dinamica solo Orizzontale

### MATERIALI CALCESTRUZZO ARMATO

Caratteristiche calcestruzzo armato														
N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	C <sub>Erid</sub>	Stz	R <sub>ck</sub>	R <sub>cm</sub>	%R <sub>ck</sub>	γ <sub>c</sub>	f <sub>cd</sub>	f <sub>ctd</sub>	f <sub>cfm</sub>	n Ac
	[N/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]			[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
<b>Clas C32/40 B450C - (C32/40)</b>														
001	25.000	0,000010	33.643	14.018	60	P	40,00	-	0,85	1,50	18,81	1,45	3,72	002
<b>Clas C28/35 B450C - (C28/35)</b>														
003	25.000	0,000010	32.588	13.578	60	P	35,00	-	0,85	1,50	16,46	1,32	3,40	002
<b>Clas C25/30 B450C - (C25/30)</b>														
004	25.000	0,000010	31.447	13.103	60	P	30,00	-	0,85	1,50	14,11	1,19	3,07	002

#### LEGENDA:

N <sub>id</sub>	Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.
γ <sub>k</sub>	Peso specifico.
α <sub>T, i</sub>	Coefficiente di dilatazione termica.
E	Modulo elastico normale.
G	Modulo elastico tangenziale.
C <sub>Erid</sub>	Coefficiente di riduzione del Modulo elastico normale per Analisi Sismica [E <sub>sisma</sub> = E · C <sub>Erid</sub> ].
Stz	Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica cubica.
R <sub>cm</sub>	Resistenza media cubica.
%R <sub>ck</sub>	Percentuale di riduzione della R <sub>ck</sub> .
γ <sub>c</sub>	Coefficiente parziale di sicurezza del materiale.
f <sub>cd</sub>	Resistenza di calcolo a compressione.
f <sub>ctd</sub>	Resistenza di calcolo a trazione.
f <sub>cfm</sub>	Resistenza media a trazione per flessione.
n Ac	Identificativo, nella relativa tabella materiali, dell'acciaio utilizzato: [-] = parametro NON significativo per il materiale.

# MATERIALI ACCIAIO

Caratteristiche acciaio															
N <sub>id</sub>	γ <sub>k</sub>	α <sub>T, i</sub>	E	G	Stz	f <sub>yk,1</sub> / f <sub>yk,2</sub>	f <sub>tk,1</sub> / f <sub>tk,2</sub>	f <sub>yd,1</sub> / f <sub>yd,2</sub>	f <sub>td</sub>	γ <sub>s</sub>	γ <sub>M1</sub>	γ <sub>M2</sub>	γ <sub>M3,SLV</sub>	γ <sub>M3,SLE</sub>	γ <sub>M7</sub> NCnt Cnt
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[1/°C]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]						
<b>Acciaio B450C - (B450C)</b>															
002	78.500	0,000010	210.000	80.769	P	450,00 -	-	391,30 -	-	1,15	-	-	-	-	-

## LEGENDA:

- N<sub>id</sub>

γ<sub>k</sub>

α<sub>T, i</sub>

E

G

Stz

f<sub>tk,1</sub>

f<sub>tk,2</sub>

f<sub>td</sub>

γ<sub>s</sub>

γ<sub>M1</sub>

γ<sub>M2</sub>

γ<sub>M3,SLV</sub>

γ<sub>M3,SLE</sub>

γ<sub>M7</sub>

f<sub>yk,1</sub>

f<sub>yk,2</sub>

f<sub>yd,1</sub>

f<sub>yd,2</sub>

NOTE
- Numero identificativo del materiale, nella relativa tabella dei materiali.

Peso specifico.

Coefficiente di dilatazione termica.

Modulo elastico normale.

Modulo elastico tangenziale.

Tipo di situazione: [F] = di Fatto (Esistente); [P] = di Progetto (Nuovo).

Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con t ≤ 40 mm).

Resistenza caratteristica a Rottura (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

Resistenza di calcolo a Rottura (Bulloni).

Coefficiente parziale di sicurezza allo SLV del materiale.

Coefficiente parziale di sicurezza per instabilità.

Coefficiente parziale di sicurezza per sezioni tese indebolite.

Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLV (Bulloni).

Coefficiente parziale di sicurezza per scorrimento allo SLE (Bulloni).

Coefficiente parziale di sicurezza precarico di bulloni ad alta resistenza (Bulloni - NCnt = con serraggio NON controllato; Cnt = con serraggio controllato). [-] = parametro NON significativo per il materiale.

Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con t <= 40 mm).

Resistenza caratteristica allo snervamento (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

Resistenza di calcolo (per profili con t ≤ 40 mm).

Resistenza di calcolo (per profili con 40 mm < t ≤ 80 mm).

[-] = Parametro non significativo per il materiale.

# TENSIONI AMMISSIBILI ALLO SLE DEI VARI MATERIALI

Tensioni ammissibili allo SLE dei vari materiali			
Materiale	SL	Tensione di verifica	σ <sub>d,amm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
Cls C32/40_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	19,92
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	14,94
Acciaio B450C	Caratteristica(RARA)	Trazione Acciaio	360,00
Cls C28/35_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	17,43
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	13,07
Cls C25/30_B450C	Caratteristica(RARA)	Compressione Calcestruzzo	14,94
	Quasi permanente	Compressione Calcestruzzo	11,21

## LEGENDA:

- SL

σ<sub>d,amm</sub>
- Stato limite di esercizio per cui si esegue la verifica.

Tensione ammissibile per la verifica.

# TERRENI

Terreni										
N <sub>TRN</sub>	γ <sub>T</sub>	K <sub>x</sub>	K <sub>y</sub>	K <sub>z</sub>	φ	C <sub>u</sub>	c'	E <sub>d</sub>	E <sub>cu</sub>	A <sub>s-B</sub>
	[N/m <sup>2</sup> ]	[N/cm <sup>2</sup> ]	[N/cm <sup>2</sup> ]	[N/cm <sup>2</sup> ]	[°]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
<b>Argilla fluviolacustre sabbiosa</b>										
T001	17.000	10	10	30	10	0,150	0,000	15	60	0,750
<b>Sabbia argillosa mediamente consolidata</b>										
T002	18.000	60	60	200	32	0,000	0,000	60	0	0,000

## LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>

γ<sub>T</sub>

K

φ

C<sub>u</sub>

c'

E<sub>d</sub>

E<sub>cu</sub>

A<sub>s-B</sub>
- Numero identificativo del terreno.

Peso specifico del terreno.

Valori della costante di sottofondo del terreno nelle direzioni degli assi del riferimento globale X (K<sub>x</sub>), Y (K<sub>y</sub>), e Z (K<sub>z</sub>).

Angolo di attrito del terreno.

Coesione non drenata.

Coesione efficace.

Modulo edometrico.

Modulo elastico in condizione non drenate.

Parametro "A" di Skempton-Bjerrum per pressioni interstiziali.

# STRATIGRAFIE

Stratigrafie					
N <sub>TRN</sub>	Q <sub>i</sub>	Q <sub>f</sub>	Cmp. S.	Add	ΔEd
	[m]	[m]			
<b>[S002]-Sabbia argillosa mediamente consolidata</b>					
T002	0,00	INF	incoerente	sciolto	nulla

## LEGENDA:

- N<sub>TRN</sub>

Q<sub>i</sub>

Q<sub>f</sub>

Cmp. S.

Add

ΔEd
- Numero identificativo della stratigrafia.

Quota iniziale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia).

Quota finale dello strato (riferito alla quota iniziale della stratigrafia). INF = infinito (profondità dello strato finale).

Comportamento dello strato.

Addensamento dello strato.

Variazione con la profondità del modulo edometrico.

## ANALISI CARICHI

										Analisi carichi
N <sub>id</sub>	T. C.	Descrizione del Carico	Tipologie di Carico	Peso Proprio		Permanente NON Strutturale		Sovraccarico Accidentale		Carico Neve
				Descrizione	PP	Descrizione	PNS	Descrizione	SA	
								Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN (Cat. F – Tab. 3.1.II - DM 14.01.2008)		[N/m <sup>2</sup> ]
001	S	Platea autorimessa	Autorimessa <= 30kN	<i>*vedi le relative tabelle dei carichi</i>	-	Sottofondo e pavimento di tipo industriale in calcestruzzo	2.800		3.500	0
002	S	LatCem spazi pubbl. H 33	Locali Pubblici	Solaio di tipo tradizionale latero-cementizio di spessore 33 cm (28+5)	3.530	Intonaco inferiore, massetto, pavimentazione lapidea	7.800	Folla compatta	6.000	0

### LEGENDA:

**N<sub>id</sub>** Numero identificativo dell'analisi di carico.

**T. C.** Identificativo del tipo di carico: [S] = Superficiale - [L] = Lineare - [C] = Concentrato.

**PP, PNS, SA** Valori, rispettivamente, del Peso Proprio, del Sovraccarico Permanente NON strutturale, del Sovraccarico Accidentale. Secondo il tipo di carico indicato nella colonna "T.C." ("S" - "L" - "C"), i valori riportati nelle colonne "PP", "PNS" e "SA", sono espressi in [N/m<sup>2</sup>] per carichi Superficiali, [N/m] per carichi Lineari, [N] per carichi Concentrati.

## TIPOLOGIE DI CARICO

								Tipologie di carico
N <sub>id</sub>	Descrizione	F+E	+/- F	CDC	ψ <sub>0</sub>	ψ <sub>1</sub>	ψ <sub>2</sub>	
0001	Carico Permanente	SI	NO	Permanente	1,00	1,00	1,00	
0002	Permanenti NON Strutturali	SI	NO	Permanente	1,00	1,00	1,00	
0003	Locali Pubblici	SI	NO	Media	0,70	0,70	0,60	
0004	Autorimessa <= 30kN	SI	NO	Media	0,70	0,70	0,60	
0005	Sisma X	NO	NO	Media	1,00	1,00	1,00	
0006	Sisma Y	NO	NO	Media	1,00	1,00	1,00	
0007	Sisma Z	NO	NO	Media	1,00	1,00	1,00	
0008	Sisma Ecc.X	NO	NO	Media	1,00	1,00	1,00	
0009	Sisma Ecc.Y	NO	NO	Media	1,00	1,00	1,00	

### LEGENDA:

**N<sub>id</sub>** Numero identificativo della Tipologia di Carico.

**F+E** Indica se la tipologia di carico considerata è AGENTE con il sisma.

**+/- F** Indica se la tipologia di carico è ALTERNATA (cioè considerata due volte con segno opposto) o meno.

**CDC** Indica la classe di durata del carico.

NOTA: dato significativo solo per elementi in materiale legnoso.

**ψ<sub>0</sub>** Coefficiente riduttivo dei carichi allo SLU e SLE (carichi rari).

**ψ<sub>1</sub>** Coefficiente riduttivo dei carichi allo SLE (carichi frequenti).

**ψ<sub>2</sub>** Coefficiente riduttivo dei carichi allo SLE (carichi frequenti e quasi permanenti).

## DATI GENERALI ANALISI SISMICA

												Dati generali analisi sismica
Ang	NV	CD	MP	Dir	TS	EcA	Ir <sub>tmp</sub>	C.S.T.	RP	RH	ξ	
[°]												
0	15	B	ca	X	[DT]	S	N	B	NO	SI	5	
				Y	[DT]							

### LEGENDA:

**Ang** Direzione di una componente dell'azione sismica rispetto all'asse X (sistema di riferimento globale); la seconda componente dell'azione sismica e' assunta con direzione ruotata di 90 gradi rispetto alla prima.

**NV** Nel caso di analisi dinamica, indica il numero di modi di vibrazione considerati.

**CD** Classe di duttilità: [A] = Alta - [B] = Bassa - [ND] = Non Dissipativa - [-] = Nessuna.

**MP** Tipo di struttura sismo-resistente prevalente: [ca] = calcestruzzo armato - [caOld] = calcestruzzo armato esistente - [muOld] = muratura esistente - [muNew] = muratura nuova - [muArm] = muratura armata - [ac] = acciaio.

**Dir** Direzione del sisma.

**TS** Tipologia della struttura:

Cemento armato: [T 1C] = Telai ad una sola campata - [T+C] = Telai a più campate - [P] = Pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti- [2P NC] = Due pareti per direzione non accoppiate - [P NC] = Pareti non accoppiate - [DT] = Deformabili torsionalmente - [PI] = Pendolo inverso - [PM] = Pendolo inverso intelaiate monopiano;

Muratura: [P] = un solo piano - [PP] = più di un piano;

Acciaio: [T 1C] = Telai ad una sola campata - [T+C] = Telai a più campate - [CT] = controventi concentrici diagonale tesa - [CV] = controventi concentrici a V - [M] = mensola o pendolo inverso - [TT] = telaio con tamponature.

**EcA** Eccentricità accidentale: [S] = considerata come condizione di carico statica aggiuntiva - [N] = Considerata come incremento delle sollecitazioni.

**Ir<sub>tmp</sub>** Per piani con distribuzione dei tamponamenti in pianta fortemente irregolare, l'eccentricità accidentale è stata incrementata di un fattore pari a 2: [SI] = Distribuzione tamponamenti irregolare fortemente - [NO] = Distribuzione tamponamenti regolare.

**C.S.T.** Categoria di sottosuolo: [A] = Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi - [B] = Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti - [C] = Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti - [D] = Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti - [E] = Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m - [S1] = Depositi di terreni caratterizzati da valori di V<sub>s,30</sub> inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < c<sub>u,30</sub> < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche - [S2] = Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**RP** Regolarità in pianta: [SI] = Struttura regolare - [NO] = Struttura non regolare.

**RH** Regolarità in altezza: [SI] = Struttura regolare - [NO] = Struttura non regolare.

**ξ** Coefficiente viscoso equivalente.

**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il tipo di calcolo effettuato.

## DATI GENERALI ANALISI SISMICA - FATTORI DI STRUTTURA

Dir. X				Dir. Y				Fattori di struttura
q	q <sub>0</sub>	$\alpha_u/\alpha_1$	K <sub>w</sub>	q	q <sub>0</sub>	$\alpha_u/\alpha_1$	K <sub>w</sub>	Dir. Z q
1,500	1,00	1,00	0,50	1,500	1,00	1,00	0,50	1,500

### LEGENDA:

**q** Fattore di riduzione dello spettro di risposta sismico allo SLU (Fattore di struttura).  
**q<sub>0</sub>** Valore di base.  
 **$\alpha_u/\alpha_1$**  Rapporto di sovrarresistenza.  
**K<sub>w</sub>** Fattore di riduzione di q<sub>0</sub>.

Stato Limite	T <sub>r</sub>	a <sub>g</sub> /g	Amplif. Stratigrafica		F <sub>0</sub>	T <sub>c</sub> <sup>*</sup>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>	T <sub>D</sub>
	[t]		S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>		[s]	[s]	[s]	[s]
SLO	30	0,0333	1,200	1,503	2,546	0,210	0,105	0,316	1,733
SLD	50	0,0436	1,200	1,468	2,576	0,236	0,115	0,346	1,774
SLV	475	0,1177	1,200	1,376	2,494	0,327	0,150	0,449	2,071
SLC	975	0,1492	1,200	1,368	2,568	0,337	0,153	0,460	2,197

### LEGENDA:

**T<sub>r</sub>** Periodo di ritorno dell'azione sismica. [t] = anni.  
**a<sub>g</sub>/g** Coefficiente di accelerazione al suolo.  
**S<sub>s</sub>** Coefficienti di Amplificazione Stratigrafica allo SLO/SLD/SLV/SLC.  
**C<sub>c</sub>** Coefficienti di Amplificazione di T<sub>c</sub> allo SLO/SLD/SLV/SLC.  
**F<sub>0</sub>** Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.  
**T<sub>c</sub><sup>\*</sup>** Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.  
**T<sub>B</sub>** Periodo di inizio del tratto accelerazione costante dello spettro di progetto.  
**T<sub>C</sub>** Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di progetto.  
**T<sub>D</sub>** Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro di progetto.

CI Ed	V <sub>N</sub>	V <sub>R</sub>	Lat.	Long.	Q <sub>g</sub>	C <sub>Top</sub>	S <sub>T</sub>
	[t]	[t]	[°ssdc]	[°ssdc]	[m]		
2	50	50	45.6660	13.7722	12	T1	1,00

### LEGENDA:

**CI Ed** Classe dell'edificio.  
**Lat.** Latitudine geografica del sito.  
**Long.** Longitudine geografica del sito.  
**Q<sub>g</sub>** Altitudine geografica del sito.  
**C<sub>Top</sub>** Categoria topografica (Vedi NOTE).  
**S<sub>T</sub>** Coefficiente di amplificazione topografica.  
**NOTE** [-] = Parametro non significativo per il tipo di calcolo effettuato.  
 Categoria topografica.  
 T1: Superficie piana, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .  
 T2: Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ .  
 T3: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ .  
 T4: Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $i > 30^\circ$ .

## PRINCIPALI ELEMENTI ANALISI SISMICA

Dir	M <sub>Str</sub>	M <sub>SLU</sub>	M <sub>Ecc,SLU</sub>	M <sub>SLD</sub>	M <sub>Ecc,SLD</sub>	%T.M <sub>Ecc</sub>	ΣV <sub>E4,SLU</sub>
	[N·s <sup>2</sup> /m]	[N·s <sup>2</sup> /m]	[N·s <sup>2</sup> /m]	[N·s <sup>2</sup> /m]	[N·s <sup>2</sup> /m]	[%]	[N]
X	1.321.863	1.184.979	1.184.575	1.184.979	1.184.575	99,97	2.729.827
Y	1.321.863	1.184.979	1.183.657	1.184.979	1.183.657	99,89	2.414.361
Z	1.321.863	0	0	0	0	100,00	0

### LEGENDA:

**Dir** Direzione del sisma.  
**M<sub>Str</sub>** Massa complessiva della struttura.  
**M<sub>SLU</sub>** Massa eccitabile allo SLU.  
**M<sub>Ecc,SLU</sub>** Massa Eccitata dal sisma allo SLU.  
**M<sub>SLD</sub>** Massa eccitabile della struttura allo SLD, nelle direzioni X, Y, Z.  
**M<sub>Ecc,SLD</sub>** Massa Eccitata dal sisma allo SLD.  
**%T.M<sub>Ecc</sub>** Percentuale Totale di Masse Eccitate dal sisma.  
**ΣV<sub>E4,SLU</sub>** Tagliante totale, alla base, per sisma allo SLU.



**Ing. Luciano Zarattini**

Str. del Friuli n.30 – 34136 TRIESTE

Tel/fax 040/410246

E mail: [l.zarattini@atec-engineering.it](mailto:l.zarattini@atec-engineering.it); pec: [luciano.zarattini1@ingpec.eu](mailto:luciano.zarattini1@ingpec.eu)

=====

## **6. ALLEGATI – TAVOLE GRAFICHE**

Alla presente relazione sono allegate le seguenti tavole grafiche:

**TAV.1** - PROGETTO PRELIMINARE STRUTTURALE - FASE A - PLANIMETRIA GENERALE SCALA 1:100 CON POSIZIONAMENTO DI:

- 1) CORPI DI FABBRICA COME DA PROGETTO PRELIMINARE;
- 2) PUNTI CARATTERISTICI COME DA SONDAGGI GEOGNOSTICI;
- 3) GALLERIA IDRAULICA;
- 4) SEZIONI CARATTERISTICHE SUL CANALE A-A E B-B.

**TAV.2** - PROGETTO PRELIMINARE STRUTTURALE - FASE A - ASILO - PIANTA FONDAZIONE SOLAI SCALA 1:100.

**TAV.3** - PROGETTO PRELIMINARE STRUTTURALE - FASE A - ASILO - PILASTRI SCALA 1:50.

**TAV.4** - PROGETTO PRELIMINARE STRUTTURALE - FASE A - ASILO - TRAVI SCALA 1:50.

**TAV.5** - PROGETTO PRELIMINARE STRUTTURALE - FASE A - PARCHEGGIO - SOLUZIONE A - 3 CAMPATE - PIANTE E PILASTRI ZONA TIPO - SCALA 1:50 E 1:100.

**TAV.6** - PROGETTO PRELIMINARE STRUTTURALE - FASE A - PARCHEGGIO - SOLUZIONE A - 3 CAMPATE - TRAVI ZONA TIPO E SCHEMA LUNGHEZZE PALI - SCALA 1:50.

**TAV.7** - PROGETTO PRELIMINARE STRUTTURALE - FASE A - PARCHEGGIO - SOLUZIONE B - 2 CAMPATE - PIANTE E PILASTRI ZONA TIPO - SCALA 1:50 E 1:100.

**TAV.8** - PROGETTO PRELIMINARE STRUTTURALE - FASE A - PARCHEGGIO - SOLUZIONE B - 2 CAMPATE - TRAVI ZONA TIPO E SCHEMA LUNGHEZZE PALI - SCALA 1:50.

**Ing. Luciano Zarattini**

Str. del Friuli n.30 – 34136 TRIESTE

Tel/fax 040/410246

E mail: [l.zarattini@atec-engineering.it](mailto:l.zarattini@atec-engineering.it); pec: [luciano.zarattini1@ingpec.eu](mailto:luciano.zarattini1@ingpec.eu)

=====

**7. INDICE**

1.PREMESSA .....	pag.	1
2.SCELTE PROGETTUALI – MOTIVAZIONI .....	pag.	3
3.INDICAZIONI PER IL COMPLETAMENTO DELLA BONIFICA BELLICA - ESECUZIONE DI ULTERIORI INDAGINI GEOLOGICHE .....	pag.	5
4.DESCRIZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI PREVISTE .....	pag.	6
5. RELAZIONE TECNICA GENERALE – RELAZIONE DI CALCOLO .....	pag.	10
6. ALLEGATI – TAVOLE GRAFICHE .....	pag.	32

Il Progettista  
ing. L. Zarattini

Trieste, lì 31/07/2017

