

## SOMMARIO

|   |    |
|---|----|
| ELABORATI GRAFICI .....   | 2  |
| 1. Premessa .....   | 3  |
| 2. Descrizione dell'opera .....                                 | 3  |
| 3. Dati generali .....  | 4  |
| 3.1. Caratteristiche .....                                      | 4  |
| 3.2. Località .....   | 4  |
| 3.3. Dati per analisi sismica .....                             | 4  |
| 3.4. Soggetti coinvolti .....                                   | 4  |
| 4. Riferimenti normativi .....                                  | 5  |
| 5. I materiali .....  | 7  |
| 5.1. Calcestruzzo .....   | 7  |
| 5.2. Acciaio per carpenteria.....                               | 8  |
| 5.3. Acciaio per cemento armato .....                           | 8  |
| 6. Prove di accettazione .....                                  | 9  |
| 6.1. Controlli di qualità del calcestruzzo .....                | 9  |
| 6.2. Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera ..... | 10 |
| 6.3. Prove complementari .....                                  | 11 |
| 7. Durabilità .....   | 11 |
| 8. Azioni e carichi sulla struttura .....                       | 12 |
| 8.1. Combinazione SLU statica .....                             | 18 |
| 8.2. Combinazione SLE caratteristica.....                       | 19 |
| 8.3. Combinazione SLE frequente .....                           | 19 |
| 8.4. Combinazione SLE quasi permanente.....                     | 20 |
| 8.5. Analisi dei carichi .....                                  | 20 |
| 9. Dati azione sismica .....                                    | 21 |
| 9.1. Caratteristiche del sito .....                             | 21 |
| 9.2. Caratteristiche dell'edificio.....                         | 21 |
| 9.3. Parametri sismici.....                                     | 21 |
| 9.4. Spettro di risposta in accelerazione .....                 | 22 |

|     |                            |    |
|-----|----------------------------|----|
| 10. | Fattore di struttura ..... | 22 |
| 11. | Il modello di calcolo..... | 23 |
| 12. | Conclusione.....           | 23 |

## **ELABORATI GRAFICI**

- Tav. SCA01: Progetto architettonico: piante livelli 1-2-T-R (scala 1:50)
- Tav. SCA02: Progetto architettonico: piante livelli 3-4-5-6 (scala 1:50)
- Tav. SCA03: Progetto architettonico: prospetto sud (scala 1:40)
- Tav. SCA04: Progetto architettonico: prospetto est (scala 1:40)
- Tav. SCA05: Progetto strutturale: piante livelli T-1° (scala 1:30)
- Tav. SCA06: Progetto strutturale: pianta piano tipo e particolari (scale varie)
- Tav. SCA07: Progetto strutturale: prospetto sud (scala 1:40)
- Tav. SCA08: Progetto strutturale: prospetto est (scala 1:40)
- Tav. SCA09: Progetto strutturale: sovrapposizioni (scala 1:100)
- Tav. SCA10: Progetto strutturale: pianta fondazioni (scale varie)

## 1. Premessa

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica, in accordo con le prescrizioni contenute nel paragrafo 10.1 del Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni". Relativamente al progetto in oggetto il documento descrive in particolare le modalità operative di applicazione della normativa vigente.

Le fasi di progetto, analisi, calcolo e verifica sono state svolte a "regola d'arte" dal progettista, secondo i dettami della scienza e tecnica delle costruzioni. Per verificare gli elementi strutturali e le sezioni sollecitate dalle azioni di modello ed al fine di garantire la sicurezza della costruzione è stato utilizzato il metodo agli stati limite, rispettando le prescrizioni previste dalle normative di riferimento elencate nel documento. Si riporta di seguito in proposito l'insieme delle verifiche strutturali, atte a garantire la resistenza ed il comportamento della struttura sia in condizioni di esercizio che sotto l'azione di eventi di carico straordinari.

Secondo le indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 la relazione di calcolo riporta infine una sezione relativa alle analisi svolte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, al fine di facilitare l'interpretazione e la verifica dei calcoli svolti e di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

## 2. Descrizione dell'opera

L'opera oggetto di questa relazione consiste in una scala di sicurezza denominata SE3, il cui progetto è già stato approvato dai VV.FF.

Questa verrà realizzata utilizzando elementi metallici e risulterà comunicante con la palazzina asservita attraverso pianerottoli di sbarco, in modo da renderla una struttura completamente indipendente. Al fine di prevenire la propagazione dell'incendio attraverso i vari piani, le aperture di accesso alla palazzina verranno realizzate con tamponature REI 60, mentre la protezione delle persone sarà assicurata rivestendo completamente i pianerottoli di sbarco con lastre metalliche con caratteristiche REI 60.

In particolare la scala sarà realizzata utilizzando:

- Pilastrini in profilati HEA 200;
- Travi in profilati HEA 140 imbullonate ai pilastrini;
- cosciali delle rampe con travi a ginocchio in profilati UPN 200;
- Gradini in lamiera forata antisdrucchiolo, antitacco e autopulenti di dimensioni 1200x300x30 mm con bordi irrobustiti e collegati ai cosciali con bulloni M10 classe 8.8 per lato;

- Piano di calpestio dei pianerottoli in lamiera dello stesso tipo utilizzato per il pianerottolo;
- Parapetto di altezza 1100 mm, realizzato con montanti in scatolato 40x40x5 mm posti ad un interasse minimo di 1.10 ml e imbullonati al cosciale. Il corrimano sarà realizzato con uno scatolato di dimensioni 40x30x4 mm, il fermapiède con un piatto 40x10 mm e posto ad un'altezza di 10 mm dal cosciale; La ringhiera sarà costituita da tondi  $\Phi 10$  mm con interasse di 100 mm;
- controventi a croce di sant'andrea realizzati con profilati a L 50x50x5 mm e tubo orizzontale  $\Phi 88,9$  mm ancorati ai pilastri con fazzoletti di spessore 5 mm;
- Fondazioni realizzate con travi in cemento armato 800x600 mm su magrone di spessore 150 mm con due micropali  $\Phi 20$  e lunghezza 11 m in prossimità di ogni pilastro.

### 3. Dati generali

#### 3.1. Caratteristiche

**Nome Progetto:** Scala di sicurezza SE3

**Tipologia opera:** Struttura metallica

**Normativa di riferimento:** Stati limite Norme Tecniche 2008

**Tipo Analisi:** Lineare dinamica modale

**Classe d'uso edificio:** IV

#### 3.2. Località

**Comune:** Vercelli

**Provincia:** Vercelli

**Longitudine:** 8,4164°

**Latitudine:** 45,324°

**Attitudine:** 130 m s.l.m.

**Indirizzo:** C.so abbiate, 21

#### 3.3. Dati per analisi sismica

**Vita nominale della struttura:** 50 anni

**Zona sismica:** IV

#### 3.4. Soggetti coinvolti

**Progettista strutturale:** Ing. Giordano Andreello,  
via Mandello Vitta 17, 28060 Casaleggio Novara (NO)

**Progettista opera:** Ing. Giordano Andreello,  
via Mandello Vitta 17, 28060 Casaleggio Novara (NO)

**Progettista architettonico:** Ing. Giordano Andreello,  
via Mandello Vitta 17, 28060 Casaleggio Novara (NO)

**Proprietà:** ASL Vercelli C.so Abbiate, 21 Vercelli

**Impresa:** da definire

**Direttori dei lavori:** SCTP ASL Vercelli

**Committente:** ASL Vercelli

**Collaudatore:** da definire

## 4. Riferimenti normativi

I calcoli della presente relazione fanno riferimento alla normativa vigente ed in particolare:

### Normativa nazionale

- *Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008*  
"Norme Tecniche per le Costruzioni 2008", pubblicato sul S.O. n° 30 alla G.U. n° 29 del 4 febbraio 2008.
- *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617*  
"Circolare applicativa delle NTC2008 D.M. 14.01.2008 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)"
- *Decreto Ministeriale 16 gennaio 1996.*  
"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG.*  
"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996"
- *Decreto Ministeriale 16 Gennaio 1996*  
"Carichi e sovraccarichi - Norme tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni, e dei carichi e sovraccarichi'. (G.U. 5-2-1996, N. 29)"
- *Circolare 4 luglio 1996, n. 156 AA.GG/STC.*

"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996. (G.U. 16-9-1996, n. 217 - supplemento)"

- *Decreto Ministeriale 9 Gennaio 1996*

"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche. (Da utilizzarsi nel calcolo col metodo degli stati limite) (G.U. 5-2-1996, N. 29)"

- *Circolare 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.*

"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996. (G.U. 26-11-1996, n. 277 - suppl.)"

- *Decreto Ministeriale 20 novembre 1987*

"Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento. (Suppl. Ord. alla G.U. 5-12-1987, n. 285)"

- *Decreto Ministeriale dell'11-3-1988*

"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle opere di fondazione"

- *Decreto Ministeriale del 14-2-1992 <sup>1</sup>*

"Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche". (G.U. 18-3-1992, N. 65)

## **Eurocodici**

- UNI EN 1993-1-1: 2005 "Eurocodice 3, parte 1-1 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali e regole per gli edifici".
- UNI EN 1993-1-2: 2005 "Eurocodice 3, parte 1-2 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Progettazione della resistenza all'incendio".
- UNI EN 1993-1-3: 2007 "Eurocodice 3, parte 1-3 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo".
- UNI ENV 1993-1-4: 2007 "Eurocodice 3, parte 1-4 - Progettazione delle strutture di acciaio. Regole generali. Criteri supplementari per acciai inossidabili".

---

<sup>1</sup> Metodo di calcolo alle tensioni ammissibili, con riferimento al § 2.7 delle Norme Tecniche del 2008

Relativamente ai metodi di calcolo, è d'obbligo il Metodo agli stati limite di cui al § 2.6 delle Norme Tecniche del 2008.

È ammesso il Metodo di verifica alle Tensioni Ammissibili limitatamente ai casi che ricalcano i seguenti criteri:

- costruzioni di tipo 1 (opere provvisorie, opere provvisionali, strutture in fase costruttiva con vita nominale < 10 anni) e di tipo 2 (opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale con vita nominale > 50 anni);
- costruzioni di classe d'uso I (costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.) o di classe d'uso II (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in classe d'uso III o in classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti);
- costruzioni in siti ricadenti in Zona 4.

Le norme dette si debbono in tal caso applicare integralmente, salvo per i materiali e i prodotti, le azioni e il collaudo statico, per i quali valgono le prescrizioni riportate nelle norme tecniche del 2008.

## 5. I materiali

I materiali ed i prodotti ad uso strutturale, utilizzati nelle opere oggetto della presente relazione, rispondono ai requisiti indicati dal capitolo 11 del Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni". Questi sono stati identificati univocamente dal produttore, qualificati sotto la sua responsabilità ed accettati dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Sulla base delle verifiche effettuate in sito ed in conformità alle disposizioni normative vigenti si prevede per la realizzazione del progetto in analisi l'adozione dei materiali di seguito descritti.

### 5.1. Calcestruzzo

**Nome:** C25/30

**Tipologia materiale:** Calcestruzzo

**Classe di resistenza:** C25/30

### Caratteristiche del calcestruzzo

- Densità  $\rho$ : 24.525 N/m<sup>3</sup>
- Resistenza caratteristica a compressione  $R_{ck}$ : 30 N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza caratteristica cilindrica a compressione  $f_{ck}$ : 2,6 N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza cilindrica media  $f_{cm}$ : 32,9 N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza media a trazione semplice  $f_{ctm}$ : 2,6 N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza media a flessione  $f_{cmf}$ : 3,1 N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5%  $f_{ctk-5}$ : 1,8 N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95%  $f_{ctk-95}$ : 3,3 N/mm<sup>2</sup>
- Modulo elastico  $E_{cm}$ : 30.045,1 N/mm<sup>2</sup>
- Coefficiente di Poisson  $\nu$ : 0,2
- Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo  $\gamma_c$ : 1,5
- Resistenza di compressione di progetto  $f_{cd}$ : 14,1 N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza di trazione di progetto, frattile 5%  $f_{ctd,5}$ : 1,2 N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza di trazione di progetto, frattile 95%  $f_{ctd,95}$ : 2,2 N/mm<sup>2</sup>

### 5.2. Acciaio per carpenteria

**Nome:** S275

**Tipologia del materiale:** Acciaio per strutture metalliche

#### Caratteristiche dell'acciaio

- Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk}$ : 450 N/mm<sup>2</sup>
- Tensione caratteristica di rottura  $f_{tk}$ : 430 N/mm<sup>2</sup>
- Modulo elastico  $E_s$ : 210.000 N/mm<sup>2</sup>
- Modulo di elasticità trasversale  $G$ : 80.769,23 N/mm<sup>2</sup>
- Coefficiente di Poisson  $\nu$ : 0,3
- Densità  $\rho$ : 77.009 N/m<sup>3</sup>
- Tensione ammissibile  $\sigma_s$ : 186,39 N/mm<sup>2</sup>

### 5.3. Acciaio per cemento armato

**Nome:** B450C

**Tipologia del materiale:** Acciaio per strutture metalliche

#### Caratteristiche dell'acciaio

- Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk}$ : 450 N/mm<sup>2</sup>
- Modulo elastico  $E_s$ : 206.000 N/mm<sup>2</sup>
- Modulo di elasticità trasversale  $G$ : 80.769,23 N/mm<sup>2</sup>
- Allungamento sotto carico massimo  $A_{gt}$ : 67,5‰



- Densità  $\rho$ : 76.518 N/m<sup>3</sup>
- Tensione ammissibile  $\sigma_s$ : 260 N/mm<sup>2</sup>
- Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio  $\gamma_s$ : 1,15

#### Caratteristiche delle saldature

Le saldature devono essere conformi con quanto disposto dal DM 14/01/2008 in particolare ai punti 11.3.4.4.1 " Composizione chimica degli acciai" e 11.3.4.5 "Processo di saldatura".

#### Caratteristiche delle bullonature

I bulloni dovranno avere le caratteristiche previste dal DM 14/01/2008 al punto 11.3.4.6 "Bulloni e chiodi"

#### Stratigrafia del terreno di fondazione

- **1°strato:** Materiale di riporto e scarti di cantiere (da 0.00 a -1.00 m),  $\gamma=20000$  dN/m<sup>3</sup>
- **2° strato:** Sabbie parzialmente limose di colore brunastro ( da -1.00 a -4,5 m),  $\gamma=20000$  dN/m<sup>3</sup> e  $\Phi=32^\circ$
- **3° strato:** Terreni granulari in matrice sabbia e limosa,  $\gamma=20000$  dN/m<sup>3</sup> e  $\Phi=37^\circ$
- Livello falda acquifera: - 4,5 m

## 6. Prove di accettazione

In questo paragrafo si riportano alcune indicazioni sui materiali impiegati per la realizzazione della costruzione al fine di garantire in fase di progetto la qualità e la resistenza degli stessi con riferimento a quanto richiesto nei capitoli 2 e 11 delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008. Si forniscono in particolare importanti indicazioni in merito alle prove di accettazione del calcestruzzo, fornendo una stima del numero minimo di prelievi da effettuare per rendere attendibile la prova. E' compito del direttore dei lavori, rispetto ai criteri di accettazione dei materiali da costruzione, acquisire e verificare la documentazione di qualificazione e la marcatura CE dei materiali.

### 6.1. Controlli di qualità del calcestruzzo

#### **Prelievo dei campioni**

La seguente indicazione è una stima preventiva del numero di prelievi minimi di calcestruzzo da eseguire per attestare le caratteristiche dei materiali in uso; sarà compito del Direttore dei Lavori attestare che il prelievo di calcestruzzo sia effettuato in sua presenza, o in presenza di una persona da lui incaricata, e che siano così preparati i provini necessari in conformità a quanto prescritto dalle norme UNI EN 12390-1: 2002 e UNI EN 12390-2: 2002.

| Classe          | Quantità<br>[m <sup>3</sup> ] | n°<br>prelievi | Rck<br>[N/mm <sup>2</sup> ] |
|-----------------|-------------------------------|----------------|-----------------------------|
| Non<br>presenti |                               |                |                             |

### **Controllo di tipo A (§ 11.2.5.1 delle NTC 2008)**

Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m<sup>3</sup>. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Ne risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

### **Controllo di tipo B (§ 11.2.5.2 delle NTC 2008)**

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B). Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m<sup>3</sup> di calcestruzzo. Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m<sup>3</sup>. Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione dei risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo anche distribuzioni diverse dalla normale. Si deve individuare la legge di distribuzione più corretta ed il valor medio unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard e valore medio). In questo caso la resistenza minima di prelievo R1 dovrà essere maggiore del valore corrispondente al frattile inferiore 1%.

Per calcestruzzi con coefficiente di variazione ( $s/R_m$  con  $s$  scarto quadratico medio e  $R_m$  resistenza media dei prelievi) superiore a 0,15 occorrono controlli più accurati, integrati con prove complementari di cui al §11.2.6 delle NTC 2008. Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

## **6.2. Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera**

Al fine di validare, ma non sostituire, le prove di accettazione effettuate vengono riportate le prove previste per il calcestruzzo in opera.

L'analisi e la progettazione dell'opera non hanno alcun riferimento a elementi strutturali in cemento armato esistenti. Pertanto non viene prevista alcuna prova per il calcestruzzo in opera.

### 6.3. Prove complementari

Vengono qui riportate anche le prove eseguite per condizioni particolari di utilizzo e di messa in opera del calcestruzzo.

In fase progettuale non viene definita, né prevista, alcuna prova complementare di resistenza rispetto alle prove di accettazione del calcestruzzo già indicate

## 7. Durabilità

Per garantire il requisito di durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si delineano qui di seguito le condizioni ambientali del sito dove sorgerà la costruzione. Tali condizioni possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III delle NTC 2008, con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

|                  |                                   |
|------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie        | X0, XC1, XC2, XC3, XF1            |
| Aggressive       | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4      |

Prospetto delle classi di esposizione in funzione delle condizioni ambientali (riferimento a UNI EN 206-1)

|     |   |
|-----|---|
| X0  | Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto |
| XC1 | Asciutto o permanentemente bagnato  |
| XC2 | Bagnato, raramente asciutto   |
| XC3 | Umidità moderata  |
| XC4 | Ciclicamente asciutto e bagnato   |
| XD1 | Umidità moderata  |
| XD2 | Bagnato, raramente asciutto   |
| XD3 | Ciclicamente asciutto e bagnato   |
| XS1 | Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua   |
| XS2 | Permanentemente sommerso  |
| XS3 | Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea   |
| XF1 | Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante   |
| XF2 | Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante   |
| XF3 | Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante   |

|     |  |
|-----|--|
| XF4 | Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare         |
| XA1 | Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1    |
| XA2 | Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1 |
| XA3 | Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1    |

Facendo riferimento a quanto indicato negli estratti normativi per l'individuazione e la classificazione delle condizioni ambientali, il sito di realizzazione dell'opera è classificabile come XC1.

L'opera infatti non è influenzata da particolari condizioni idrologiche e le parti strutturali in cemento armato risultano sufficientemente schermate in misura delle variazioni termoigrometriche previste.

In termini di protezione contro la corrosione delle armature metalliche l'ambiente è quindi definito come 'Ordinario'.

#### **Copriferro minimo e regole di maturazione.**

In fase di progetto vengono quindi prescritti, ai fini della durabilità dell'opera, i valori di copriferro minimo e le regole di maturazione del calcestruzzo impiegato.

#### **Eventuali prove di durabilità**

Vengono inoltre previste le seguenti prove di penetrazione agli agenti aggressivi e di permeabilità, secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 12390-8: 2002.

In fase progettuale non viene definita alcuna prova specifica di durabilità. La previsione di queste prove e la definizione attuativa delle stesse viene demandata al tecnico eventualmente incaricato di effettuarle, nelle modalità e con la definizione tecnologica più appropriata definibili al momento dell'incarico.

## **8. Azioni e carichi sulla struttura**

Con riferimento al paragrafo 2.5.1.3 delle NTC 2008, le azioni che investono la struttura sono classificate in relazione alla durata della loro presenza nell'arco della vita di progetto come:

- *permanenti* (G): azioni con sufficiente approssimazione costanti nel tempo, tra le quali:
  - 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);
  - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

- spostamenti e deformazioni imposti, previsti dal progetto e realizzati all'atto della costruzione;

- *variabili* (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:

- di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;

- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

- *sismiche* (E): azioni derivanti dai terremoti.

L'effetto delle azioni viene valutato ai fini delle verifiche con l'approccio semiprobabilistico agli stati limite, secondo diverse combinazioni:

- **Combinazione fondamentale SLU** dei carichi, impiegata per gli stati limite ultimi (nei risultati SLU statica)

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione caratteristica CA rara**, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (nei risultati SLE rara)

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione frequente FR**, impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili (nei risultati SLE frequente)

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione quasi permanente QP**, impiegata per gli effetti a lungo termine (nei risultati SLE quasi permanente)

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (nei risultati SLU sisma)

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

### Dettagli per la combinazione sismica

La valutazione dell'azione sismica E è condotta secondo le specifiche del capitolo 3.2 e in accordo con le prescrizioni del capitolo 7.3.3 delle NTC 2008 per i tipi di analisi sismica lineare sia dinamica che statica.

I risultati così ottenuti per ciascuna direzione, X e Y (eventualmente anche Z), vengono poi combinati secondo le indicazioni del capitolo 7.3.5 delle NTC 2008, ovvero vengono sommati i contributi secondo il seguente criterio:

$$E1 = 1,00 \times Ex + 0,30 \times Ey + 0,30 \times Ez$$

$$E2 = 0,30 \times Ex + 1,00 \times Ey + 0,30 \times Ez$$

$$E3 = 0,30 \times Ex + 0,30 \times Ey + 1,00 \times Ez$$

la rotazione dei coefficienti moltiplicativi permette l'individuazione degli effetti più gravosi, la direzione Z è opzionale in virtù delle prescrizioni al paragrafo 7.2.1 delle NTC 2008.

Nella verifica allo stato limite ultimo si distinguono le combinazioni **EQU**, **STR** e **GEO** (cfr NTC 2008 § 2.6.1), rispettivamente definite come:

stato limite di equilibrio EQU, che considera la struttura ed il terreno come corpi rigidi; stato limite di resistenza della struttura STR, da riferimento per tutti gli elementi strutturali, e stato limite di resistenza del terreno GEO.

Nelle verifiche STR e GEO possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali: per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza complessiva, nell'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale.

|                                    |             | Coefficiente $\gamma_f$ | EQU | STR | GEO |
|------------------------------------|-------------|-------------------------|-----|-----|-----|
| Carichi permanenti                 | Favorevoli  | $\gamma_{G1}$           | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
|                                    | Sfavorevoli |                         | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali | Favorevoli  | $\gamma_{G2}$           | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
|                                    | Sfavorevoli |                         | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Carichi variabili                  | Favorevoli  | $\gamma_{Qi}$           | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
|                                    | Sfavorevoli |                         | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

*Coefficienti parziali per le azioni [cfr. NTC 2008 Tabella 2.6.I]*

Le Norme Tecniche prescrivono i valori dei coefficienti  $\psi$  in dipendenza dalle caratteristiche della funzione di ripartizione di ciascuna azione: si ammette infatti che, assieme alle azioni permanenti, esistano combinazioni di azioni in cui una sola azione è presente al valore caratteristico mentre le altre hanno intensità ridotte  $\psi_0 Q_k$ .

Le categorie di azioni variabili ed i rispettivi coefficienti di combinazione utilizzati nell'applicazione dei carichi al modello sono riportati nella tabella seguente:

| <b>Destinazione d'uso/azione</b>                | <b><math>\psi_0</math></b> | <b><math>\psi_1</math></b> | <b><math>\psi_2</math></b> |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Permanenti                                      | 1,00                       | 1,00                       | 1,00                       |
| Permanenti non strutturali                      | 1,00                       | 1,00                       | 1,00                       |
| Categoria A (domestici e residenziali)          | 0,70                       | 0,50                       | 0,30                       |
| Categoria B (uffici)                            | 0,70                       | 0,50                       | 0,30                       |
| Categoria C (aree di congresso)                 | 0,70                       | 0,70                       | 0,60                       |
| Categoria D (aree di acquisto)                  | 0,70                       | 0,70                       | 0,60                       |
| Categoria E (magazzini, Archivi, scale)         | 1,00                       | 0,90                       | 0,80                       |
| Categoria F (Peso veicoli $\leq 30\text{kN}$ )  | 0,70                       | 0,70                       | 0,60                       |
| Categoria G (Peso veicoli $\leq 160\text{kN}$ ) | 0,70                       | 0,50                       | 0,30                       |
| Categoria H (tetti)                             | 0,00                       | 0,00                       | 0,00                       |
| Carichi da Neve                                 | 0,70                       | 0,50                       | 0,20                       |
| Carichi da Neve sotto 1000m                     | 0,50                       | 0,20                       | 0,00                       |
| Carichi da Vento                                | 0,60                       | 0,20                       | 0,00                       |
| Variazioni Termiche                             | 0,60                       | 0,50                       | 0,00                       |

#### **Dettagli per le combinazioni di calcolo ed il progetto dell'armatura.**

Per il progetto e la verifica della armature vengono distinti i risultati dell'analisi in condizione statica da quelli dell'analisi sismica.

#### **Progetto dell'armatura in condizione statica**

Il progetto iniziale dell'armatura è condotta considerando i risultati di ciascuna combinazione delle azioni di calcolo in condizione statica, ovvero vengono considerati ed involuppati i risultati massimi e minimi delle seguenti combinazioni:

- Combinazione fondamentale SLU
- Combinazione SLE caratteristica rara
- Combinazione SLE frequente
- Combinazione SLE quasi permanente

Per ciascuna combinazione elencata vengono valutate le distinte configurazioni di carico distinguendo i diversi gruppi di carico e considerando tutte le possibili varianti secondo i metodi del calcolo combinatorio ottenendo così  $2^n + 1$  combinazioni, dove 'n' coincide con il numero di carichi accidentali considerati nell'analisi, qui di seguito un esempio esplicativo.

- Carico permanente: **P**
- Carico accidentale residenziale: **A**

Le combinazioni dedotte sono:

**P** solo carico permanente

**P A** carico permanente + carico accidentale

Inoltre per le combinazioni SLU e SLE caratteristica vengono individuate in aggiunta le permutazioni di tali configurazioni aventi di volta in volta un carico accidentale principale differente fra quelli considerati, qui di seguito un esempio esplicativo.

- Carico permanente: **P**
- Carico accidentale residenziale: **A1**
- Carico accidentale tipo neve: **A2**
- Carico accidentale tipo vento: **A3**

Le combinazioni dedotte sono:

**P** solo carico permanente

**P A1** carico permanente + carico accidentale A1

**P A2** carico permanente + carico accidentale A2

**P A3** carico permanente + carico accidentale A3

**P A1 A2** carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2

**P A2 A1** carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale)

**P A1 A3** carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A3

**P A3 A1** carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A3 (principale)

**P A2 A3** carico permanente + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3

**P A3 A2** carico permanente + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)

**P A1 A2 A3** carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2 + carico accidentale A3

**P A2 A1 A3** carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3

**P A3 A1 A2** carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)

Le effettive combinazioni generate per i diversi stati limite sono riportate nei paragrafi seguenti.

Per gli elementi trave e pilastro vengono involuppati i risultati di ciascuna combinazione e vengono individuati i valori massimi e minimi dando luogo alle seguenti sollecitazioni: massima e minima per l'azione assiale N, massima e minima per le azioni di flessione attorno agli assi



principali di inerzia di ciascun elemento  $M_z$  e  $M_y$ , massima e minima per le azioni taglianti lungo gli assi principali d'inerzia  $T_z$  e  $T_y$ .

Nella progettazione delle armature di travi e pilastri queste 6 sollecitazioni ( $N^+$ ,  $N^-$ ,  $M_z^+$ ,  $M_z^-$ ,  $M_y^+$ ,  $M_y^-$ ) vengono considerate in condizione di pressoflessione deviata e vengono ulteriormente combinate tra di loro in modo da garantire la copertura delle condizioni più gravose, dando luogo alle seguenti 8 combinazioni:

- $N^+$ ,  $M_z^+$ ,  $M_y^+$
- $N^+$ ,  $M_z^+$ ,  $M_y^-$
- $N^+$ ,  $M_z^-$ ,  $M_y^+$
- $N^+$ ,  $M_z^-$ ,  $M_y^-$
- $N^-$ ,  $M_z^+$ ,  $M_y^+$
- $N^-$ ,  $M_z^+$ ,  $M_y^-$
- $N^-$ ,  $M_z^-$ ,  $M_y^+$
- $N^-$ ,  $M_z^-$ ,  $M_y^-$

Per il progetto delle sezioni a taglio vengono individuati i valori massimi in modulo per ciascuna direzione principale scegliendo tra i valori involuppati di progetto ( $T_z^+$ ,  $T_z^-$ ,  $T_y^+$ ,  $T_y^-$ ).

Per gli elementi shell vengono individuati i seguenti valori di progetto:

- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ ,
- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\tau_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni flessionali  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni taglianti  $T_{zx}$  e  $T_{zy}$ .

Il progetto dell'armatura degli elementi shell di tipo piastra è condotto valutando i valori massimi e minimi delle azioni involupate di flessione  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ . Gli elementi bidimensionali a comportamento membranale vengono progettati combinando le sollecitazioni involupate in un calcolo sezionale indipendente.

### **Progetto dell'armatura in condizione sismica**

L'armatura progettata in condizione statica è verificata ed integrata con i risultati della combinazione sismica (anche SLU sisma) e secondo le specifiche delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, § 7.4.

I risultati dell'azione sismica E danno luogo a sollecitazioni involupate e prive di segno in accordo con la combinazione quadratica completa (CQC, § C7.3.3 della Circolare Ministeriale 617 del 2009) necessarie per considerare le correlazioni tra i massimi contributi modali. La combinazione dei risultati nelle diverse direzioni, attraverso gli opportuni coefficienti di interazione, dà luogo alla combinazione sismica più gravosa (E1, E2, E3).

Per la progettazione di travi e pilastri la componente E della combinazione sismica individuata viene considerata positiva e negativa; la combinazione sismica da luogo quindi alle sollecitazioni di progetto le quali vengono considerate in condizione di pressoflessione deviata ( $NE^+$ ,  $NE^-$ ,  $ME1^+$ ,  $ME1^-$ ,  $ME2^+$ ,  $ME2^-$ ) e vengono ulteriormente combinate tra di loro in modo da garantire la copertura delle condizioni più gravose, dando luogo alle seguenti 8 combinazioni:

- $NE^+$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^+$
- $NE^+$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^-$
- $NE^+$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^+$
- $NE^+$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^-$
- $NE^-$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^+$
- $NE^-$ ,  $MEz^+$ ,  $MEy^-$
- $NE^-$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^+$
- $NE^-$ ,  $MEz^-$ ,  $MEy^-$

Per il progetto delle sezioni a taglio vengono individuati i valori massimi in modulo per ciascuna direzione principale scegliendo tra i valori involuppati di progetto ( $TEz^+$ ,  $TEz^-$ ,  $TEy^+$ ,  $TEy^-$ ).

Per gli elementi shell vengono individuati i seguenti valori di progetto:

- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\sigma_x$  e  $\sigma_y$ ,
- massimi e minimi per le tensioni membranali  $\tau_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni flessionali  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ ,
- massimi e minimi per le azioni taglianti  $T_{zx}$  e  $T_{zy}$ .

Il progetto dell'armatura degli elementi shell di tipo piastra è condotto valutando i valori massimi e minimi delle azioni involuppate di flessione  $M_x$ ,  $M_y$  e  $M_{xy}$ . Gli elementi bidimensionali a comportamento membranale vengono progettati combinando le sollecitazioni involuppate in un calcolo sezionale indipendente.

### 8.1. Combinazione SLU statica

$1,3 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1,5 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)} + 0,9 \cdot \text{Carichi da Vento}$

$1,3 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1,5 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)} + 1,5 \cdot \text{Carichi da Vento}$

$1 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1,5 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)} + 1,5 \cdot \text{Carichi da Vento}$

$1,3 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1,5 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)}$

$1 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1,5 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)}$

$1,3 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)} + 0,9 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1,3 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)} + 1,5 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)} + 1,5 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1,3 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1,5 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1,5 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1,3 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)}$   
 $1,3 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Permanenti non strutturali}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Permanenti non strutturali}$   
 $1,3 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 0,9 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1,3 \cdot \text{Permanenti}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti}$

## 8.2. Combinazione SLE caratteristica

$1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)} + 0,6 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)} + 1 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)} + 0,6 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)} + 1 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 0,6 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 0,6 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Carichi da Vento}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti}$

## 8.3. Combinazione SLE frequente

$1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 0,8 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)}$   
 $1 \cdot \text{Permanenti} + 0,8 \cdot \text{Categoria E (magazzini, Archivi, scale)}$

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali

1\*Permanenti

#### 8.4. Combinazione SLE quasi permanente

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali+0,8\*Categoria E (magazzini, Archivi, scale)

1\*Permanenti+0,8\*Categoria E (magazzini, Archivi, scale)

1\*Permanenti+1\*Permanenti non strutturali

1\*Permanenti

#### 8.5. Analisi dei carichi

L'edificio è soggetto a carichi esterni dovuti alla presenza di elementi non strutturali ed alla distribuzione di carichi permanenti e accidentali. I carichi di superficie agenti sui elementi portanti sono riassumibili nelle seguenti analisi di carico per le quali si esprime nel dettaglio la composizione.

##### CARICHI PERMANENTI

- Peso proprio gradini 400 dN/mq
- Peso proprio parapetto 250 dN/mq
- Peso proprio tamponamento 600 dN/mq

##### CARICHI VARIABILI

- Carico variabile (scale) 4000 dN/mq
- Spinta orizzontale parapetti 1500 dN/ml
- Neve 1300 dN/mq
- Vento 860 dN/mq

## 9. Dati azione sismica

### 9.1. Caratteristiche del sito

**Comune:** Vercelli

**Provincia:** VC

**Longitudine:** 8,7366°

**Latitudine:** 45,2482°

**Categoria suolo:** C

**Amplificazione topografica:** T1

### 9.2. Caratteristiche dell'edificio

**Vita nominale Vn:** 50 anni

**Classe d'uso:** IV

**Coefficiente d'uso Cu:** 2

**Periodo di riferimento VR:** 100,00 anni

|  | PVR  | TR      | ag   | F0   | TC*  |
|--|------|---------|------|------|------|
| Stato Limite di Operatività              | 81 % | 60,00   | 0,22 | 2,52 | 0,19 |
| Stato Limite di Danno                    | 63 % | 101,00  | 0,27 | 2,57 | 0,21 |
| Stato Limite di Salvaguardia della Vita  | 10 % | 949,00  | 0,51 | 2,72 | 0,30 |
| Stato Limite di Prevenzione del Collasso | 5 %  | 1950,00 | 0,59 | 2,81 | 0,32 |

### 9.3. Parametri sismici

#### Componente orizzontale

Coefficiente di amplificazione topografica ST: 1

Fattore di utilizzazione dello spettro elastico  $\eta$ : 1

|  | SS   | S    | CC   | TB   | TC   | TD   |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Stato Limite di Operatività              | 1,50 | 1,50 | 1,80 | 0,12 | 0,35 | 1,69 |
| Stato Limite di Danno                    | 1,50 | 1,50 | 1,76 | 0,12 | 0,37 | 1,71 |
| Stato Limite di Salvaguardia della Vita  | 1,50 | 1,50 | 1,56 | 0,16 | 0,47 | 1,80 |
| Stato Limite di Prevenzione del Collasso | 1,50 | 1,50 | 1,54 | 0,16 | 0,48 | 1,84 |

## Componente verticale

|  | SS  | S    | TB   | TC   | TD  | Fv   |
|--|-----|------|------|------|-----|------|
| Parametri dello spettro di risposta elastico verticale | 1,0 | 1,50 | 0,05 | 0,15 | 1,0 | 2,61 |

con SS coefficiente di amplificazione stratigrafica

S coefficiente di amplificazione topografica e stratigrafica

Fo fattore di amplificazione spettrale massima su sito rigido orizzontale

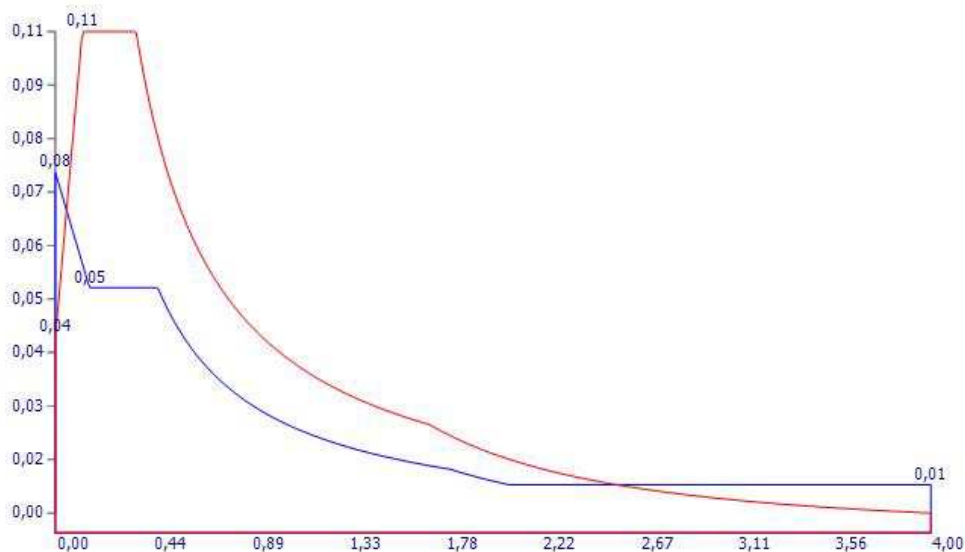
Fv fattore di amplificazione spettrale massima

TC periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro, in [s]

TB periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro, in [s]

TD periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, in [s]

### 9.4. Spettro di risposta in accelerazione



Spettro di risposta di progetto orizzontale per SLU  
Spettro di risposta di progetto verticale per SLU

Spettro di risposta elastico orizzontale per SLE

## 10. Fattore di struttura

Il valore del fattore di struttura  $q$  da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità del materiale.

Il calcolo del fattore di struttura avviene con la seguente espressione:  $q = q_0 KR$

Per prevenire il collasso delle strutture a seguito della rottura delle pareti, i valori di  $q_0$  devono essere ridotti mediante il fattore  $k_w$  assunto pari ad 1 per strutture a telaio e miste equivalenti a telaio o calcolato come  $(1+\alpha_0)/3$  per strutture a pareti, miste equivalenti a pareti e torsionalmente deformabili.

### Parametri di calcolo

|  |   |
|--|---|
| Classe di duttilità: CD 'B'  | Regolarità in pianta:   |
| Tipologia di modello strutturale: Edifici con solo due pareti non accoppiate | Rapporto di sovraresistenza $\alpha_u/\alpha_1$ (NTC 2008 § 7.4.3.2): 1 |
| Tipologia strutturale: Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste        | Fattore di struttura massimo $q_0$ (NTC 2008 Tab 7.4.I): 3              |
| Regolarità in altezza: Edifici regolari                                      | Fattore riduttivo $K_R$ : 1   |
| Rapporto tra altezza a larghezza delle pareti $\alpha_0$ :<br>-              | Fattore correttivo $k_w$ : 1  |
| <b>Fattore di struttura q – componente orizzontale: 4</b>                    |   |
| <b>Fattore di struttura q – componente verticale: 4</b>                      |   |

## 11. Il modello di calcolo

In ottemperanza a quanto prescritto dalle norme tecniche e per rendere esaustiva e sufficientemente chiara questa relazione tecnica, vengono allegati di seguito gli elaborati.

## 12. Conclusione

Nel rispetto di quanto richiesto nel capitolo 10 dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 ed al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei valori raggiunti, alla luce delle verifiche e dei calcoli effettuati, di cui è data spiegazione nel presente documento, il progettista strutturale ritiene che i risultati ottenuti relativamente al progetto in oggetto siano conformi a quanto previsto dai regolamenti e dalle leggi vigenti in materia.

A supporto di tale affermazione il progettista dichiara di aver controllato accuratamente i tabulati ottenuti mediante codice di calcolo, di aver preliminarmente esaminato il software di calcolo, ritenendolo affidabile ed idoneo alla struttura in oggetto, di aver confrontato i risultati ottenuti da analisi computazionale con semplici calcoli di massima svolti dallo stesso progettista e di aver infine esaminato gli stati tensionali e deformativi, ritenendoli consistenti e coerenti con la modellazione della struttura analizzata.

Il tecnico

Ing. Giordano Andreello