

AVVISO M2C.1.1 I 1.1 - Linea d'Intervento C
**"Ammodernamento (anche con ampliamento di impianti
esistenti) e realizzazione di nuovi impianti innovativi di
trattamento/riciclaggio per lo smaltimento di materiali
assorbenti ad uso personale (PAD), i fanghi di acque reflue,
i rifiuti di pelletteria e i rifiuti tessili"**
**REALIZZAZIONE ESSICCATORE FANGHI DI DEPURAZIONE
LOCALITÀ OMIGNANO SCALO**

PFTE

ELABORATO	Relazione di calcolo - Locale uffici e QE	SCALA
D-R-321-A-50		-

RUP Ing. Giovanna Ferro	Progettista Ing. Angelo Cantatore  ETC ENGINEERING S.R.L. via dei Palustei 16, Meano 38121 Trento (TN) Tel: 0461 825280 - Fax: 0461 1738909 web. www.etc-eng.it - e-mail: info@etc-eng.it 
-----------------------------------	---

Presidente del CdA
Avv. Gennaro Maione

Direttore Generale
Ing. Maurizio Desiderio

DATA
18/10/2024
Revisione 0 - Emissione

INDICE

1. PREMESSA.....	7
2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	7
3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO DI FABBRICA	8
4. NORMATIVA.....	9
5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	10
6. UNITA' DI MISURA.....	12
6.1. Sistema di riferimento.....	12
7. MODELLO DI CALCOLO.....	13
7.1. Descrizione metodi di analisi.....	13
7.2. Ipotesi di modellazione agli elementi finiti.....	13
7.3. Metodo di analisi sismica applicata: analisi modale	15
7.4. Sicurezza e prestazioni attese	16
7.5. Affidabilità del codice di calcolo	18
8. CARICHI DI PROGETTO	20
8.1. Peso proprio strutturale (caso di carico G_{sk}).....	20
8.2. Sovraccarico permanente (caso di carico G_k)	20
8.3. Carico da neve (caso di carico Q_{sk}).....	20
8.4. Carico da vento (caso di carico Q_{vk})	21
8.5. Azione del sisma (E_d).....	24
8.5.1 Vita nominale e classe d'uso e periodo di riferimento.....	26
8.5.2 Stati limite e relative probabilità di superamento	27
8.5.3 Caratteristiche morfologiche e spettri di risposta	27
8.5.4 Risultati azione sismica	31
9. APPLICAZIONE DEI CARICHI AL MODELLO	33
9.1. Definizione casi di carico	33
10. RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE	45
10.1. Travi di fondazione	46
10.1.1. Azioni sollecitanti (SS.LL.UU)	46
10.1.2. Verifiche strutturali.....	47
10.2. Pilastri.....	51
10.2.1. Azioni sollecitanti (SS.LL.UU)	51

10.2.2. Verifica di resistenza	53
10.3. Travi	57
10.3.1. Azioni sollecitanti travi in c.a. (SS.LL.UU.)	58
10.3.2. Verifica di resistenza travi in c.a.	59
10.4. Solaio	63
10.4.1. Laterocemento 20+5	63
11. CONSIDERAZIONI FINALI	66
11.1. Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità	66
11.2. Prestazioni attese al collaudo	67
11.3. Controlli di accettazione, prove in corso d'opera e di collaudo	67

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Inquadramento.	7
Figura 2: Vista modello - ProSap	8
Figura 3: Estratto da modellazione BIM.	8
Figura 4: Valutazione della pericolosità sismica.	25
Figura 5: Classe d'uso.	26
Figura 6: Vita nominale.	26
Figura 7: Classe d'uso.	26
Figura 8: Probabilità di superamento.	27
Figura 9: Caratteristiche della superficie topografica.	28
Figura 10: Categoria topografica.	28
Figura 11: Determinazione coefficienti amplificazione stratigrafica SS e CC.	28
Figura 12: Determinazione del coefficiente di amplificazione topografica.	29
Figura 13: Parametri spetto di risposta SLV.	29
Figura 14: Parametri spetto di risposta SLD.	30
Figura 15: Vista complessiva del modello di calcolo	45
Figura 16: Distribuzione azioni flettenti M3-3.	46
Figura 17: Distribuzione azioni taglienti T2-2.	46
Figura 18: Verifica N/M	47
Figura 19: Verifica V/T cls.	47
Figura 20: Verifica V/T acciaio.	48
Figura 21: Verifica delle tensioni rare nel cls.	49
Figura 22: Verifica delle tensioni rare nell'acciaio.	49
Figura 23: Fessure nel cls.	50
Figura 24: Distribuzione azioni assiali sui pilastri.	51
Figura 25: Distribuzione azioni flettenti M2-2.	51
Figura 26: Distribuzione azioni flettenti M3-3.	52
Figura 27: Distribuzione azioni taglienti T2-2.	52
Figura 28: Distribuzione azioni taglienti T3-3.	53
Figura 29: Verifica N/M nei pilastri.	53
Figura 30: Verifica N sismica nei pilastri.	54
Figura 31: Verifica di stabilità nei pilastri.	54

Figura 32: Verifica a taglio torsione a lato cls nei pilastri.	55
Figura 33: Verifica a taglio torsione a lato acciaio nei pilastri.	55
Figura 34: Verifica delle tensioni rare nel cls dei pilastri.	56
Figura 35: Verifica delle tensioni rare nell'acciaio dei pilastri.	56
Figura 36: Drift interpiano.	57
Figura 37: Distribuzione azioni flettenti M3-3.	58
Figura 38: Distribuzione azioni taglianti T2-2.	58
Figura 39: Verifica N/M travi in c.a..	59
Figura 40: Verifica a taglio torsione a lato cls travi in c.a..	59
Figura 41: Verifica a taglio torsione a lato acciaio travi c.a..	60
Figura 42: Fessure nel cls.	61
Figura 43: Verifica delle tensioni rare lato cls.	61
Figura 44: Verifica delle tensioni rare lato acciaio.	62
Figura 45: Mappa cromatica frecce travi in c.a. combinazione rara.	62
Figura 46: Calcolo resistenza flessionale travetto	64

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Parametri della struttura.</i>	25
<i>Tabella 2: Parametri dell'azione sismica all'SLV direzione X.</i>	31
<i>Tabella 3: Parametri dell'azione sismica all'SLV direzione Y.</i>	31
<i>Tabella 4: Parametri dell'azione sismica all'SLD direzione X.</i>	31
<i>Tabella 5: Parametri dell'azione sismica all'SLD direzione Y.</i>	31
<i>Tabella 6: Masse modali in funzione dei principali modi di vibrare.</i>	32
<i>Tabella 7: Casi di carico disponibili nel software Pro_SAP.</i>	33
<i>Tabella 8: Casi di carico</i>	34
<i>Tabella 9: Elenco combinazioni di carico.</i>	35
<i>Tabella 10: Pesi associati alle singole combinazioni di carico.</i>	38

1. PREMESSA

Il presente elaborato ha come oggetto la realizzazione di un edificio monopiano adibito in parte ad uso uffici ed in parte a locale tecnico per quadri elettrici.

Il sistema di fondazione risulta essere di tipo a trave rovescia, mentre la struttura in elevazione è telaio in calcestruzzo armato, risulta ubicato all'interno dell'impianto di depurazione fanghi nel comune di Omignano Scalo (SA)

LATITUDINE 40.250000;

LONGITUDINE 15.133300;



Figura 1: Inquadramento.

2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Le fondazioni sono di tipo a "T rovescia", con le seguenti dimensioni:

Base minore 40cm

Base maggiore 100cm

H1= 50mc; Hb= 40cm, Htot 90cm.

Le dimensioni in pianta del fabbricato risultano 12.40x4.90cm ed un'altezza di circa 370cm.

La struttura in elevazione è costituita da 3+3 pilastri posti su due telai paralleli di sezione 25x50cm, mentre le due travate principali presentano una sezione 25x55.

I due telai sono collegati da travi secondarie (non portanti lo scarico dei solai) di sezione 25x25cm.

I solai di copertura risultano essere in laterocemento di spessore 20+5cm.

Le pareti perimetrali sono in muratura tipo poroton di spessore 25cm.

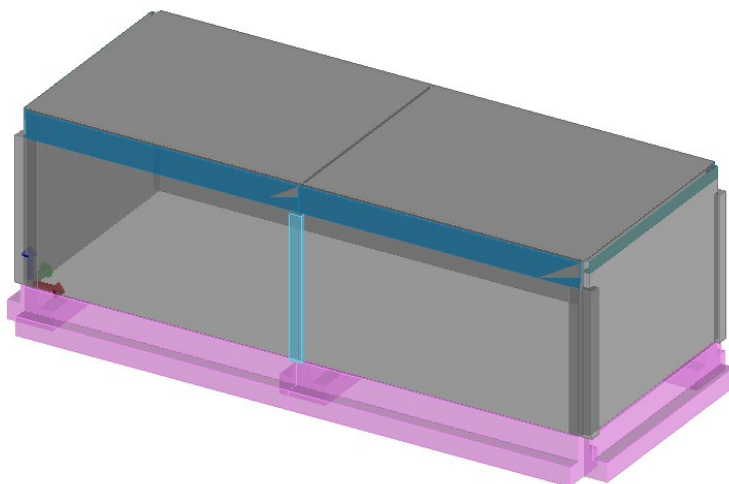


Figura 2: Vista modello - ProSap .

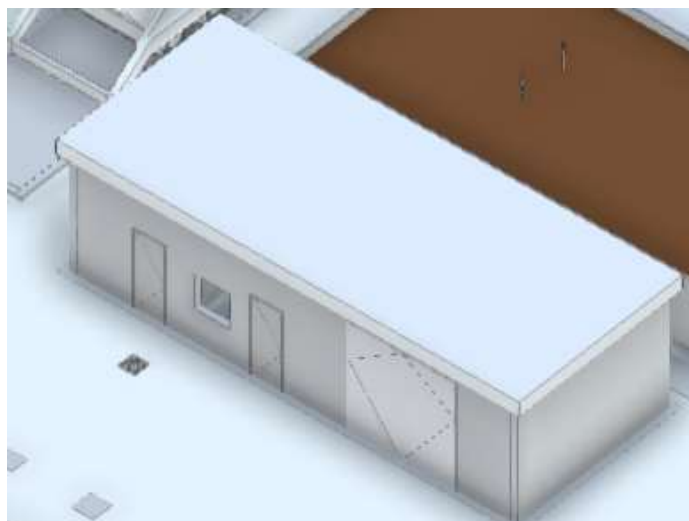


Figura 3: Estratto da modellazione BIM.

3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SITO DI FABBRICA

Per le valutazioni di carattere geotecnico del sito di fabbrica si rimanda all'elaborato "RELAZIONE GEOTECNICA", in cui vengono riportati in maniera più precisa la stratigrafia del sito di costruzione, i vari parametri geotecnici utilizzati nel modello, nonché la verifica geotecnica della fondazione stessa.

4. NORMATIVA

1. **Decreto ministeriale 16 gennaio 1996**
Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
Circolare 4 luglio 1996, n. 156AA.GG./S.T.C.
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 D.M.16 gennaio 1996.
2. **Decreto Ministeriale 09 gennaio 1996**
Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture il cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
Decreto ministeriale 14 febbraio 1992
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
Circolare 24 giugno 1993, n. 37406/S.T.C.
Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al D.M. 14 febbraio 1992.
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR 10011/88)
Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
3. **Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008**
Norme tecniche per le costruzioni
Circolare 2 febbraio 2009, n. 617
Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
4. **Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018**
Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019
*Istruzioni per l'applicazione dell'**aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni** di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*

5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

La normativa base di riferimento per i materiali e i criteri di progettazione è il Decreto Ministeriale 17.01.2018 "Norme Tecniche per le costruzioni" e la relativa Circolare del 21.01.2019, n. 6 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008", per tutto quanto applicabile al manufatto oggetto del presente documento.

Per le caratteristiche dei materiali si veda l'elaborato relativo alla "RELAZIONE SUI MATERIALI".

Si assumono i seguenti valori caratteristici per le proprietà meccaniche dei materiali impiegati:

Cemento armato C28/35 per le fondazioni ed elevazioni

Caratteristiche di resistenza

Resistenza caratteristica cubica a compressione	$R_{ck} = 350 \text{ daN/cm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	$f_{ck} = 280 \text{ daN/cm}^2$
Modulo di elasticità normale	$E = 323082.5 \text{ daN/cm}^2$
Peso specifico	$\gamma = 2,5e-03 \text{ daN/cm}^3$

Caratteristiche fisiche

Dimensione massima nominale inerti	30 mm
Classe di esposizione ambientale	XC2 (opere di fondazione)
Classe di esposizione ambientale	XC1 (opere di elevazione)
Classe di consistenza	S4
Massimo rapporto acqua/cemento	0.60
Aggregati	non gelivi, D. max 30 mm
Copriferro minimo	5 cm (opere di fondazione)
Copriferro minimo	3 cm (opere di elevazione)

Acciaio B450C per c.a.

Caratteristiche

Caratteristiche

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 4500 \text{ daN/cm}^2$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 5400 \text{ daN/cm}^2$
Modulo di elasticità normale	$E = 2100000 \text{ daN/cm}^2$
Modulo di elasticità tangenziale	$G = 840000 \text{ daN/cm}^2$
Peso specifico	$\gamma = 7,85e-03 \text{ daN/cm}^3$

Blocchi in laterizio tipo "POROTON":

Caratteristiche

Percentuale di foratura ϕ

$$\phi = 45 \%$$

Resistenza a compressione in direzione verticale

$$f_{bm} = 110 \text{ daN/cm}^2$$

Resistenza a compressione ortogonale

$$f_{vbk} = 22 \text{ daN/cm}^2$$

Blocco tipo "POROTON" + Malta M10

Caratteristiche

Resistenza caratteristica compressione verticale

$$f_k = 47,9 \text{ daN/cm}^2$$

Resistenza caratteristica a taglio in assenza di compressioni

$$f_{vk} = 3 \text{ daN/cm}^2$$

Resistenza caratteristica massima a taglio

$$f_{vk,lim} = 5,46 \text{ daN/cm}^2$$

Modulo di elasticità

$$E = 47900 \text{ daN/cm}^2$$

Modulo di elasticità tangenziale

$$G = 19160 \text{ daN/cm}^2$$

Coefficiente di Poisson

$$\nu = 0,2$$

Peso specifico

$$\gamma = 9 \times 10^{-4} \text{ daN/cm}^3$$

6. UNITA' DI MISURA

Le unità di misura adottate nella presente relazione di calcolo riferite al S.I. (Sistema Internazionale delle grandezze fisiche), sono le seguenti:

Lunghezze (L)	m
Aree (A)	cm ²
Forze (F)	kN
Momenti (M)	kN m
Carichi uniformemente ripartiti (q)	daN /cm
Tensioni (σ , τ)	daN /cm ²
Momenti d'inerzia (J)	cm ⁴
Moduli di resistenza (W)	cm ³
Moduli di elasticità longitudinali (E)	daN /cm ²

6.1. Sistema di riferimento

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (OXYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori.

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi:

- asse 1 ROSSO diretto dal nodo iniziale al nodo finale (di norma con proiezione positiva sull'asse X globale o sull'asse Y globale);
- asse 2 VERDE ortogonale all'asse 1 e contenuto nel semipiano verticale superiore passante per i nodi dell'elemento;
- asse 3 BLU ortogonale all'asse 1 e al semipiano di cui sopra (pertanto è orizzontale).

Ad ogni elemento D3 è associato un sistema di riferimento locale destrogiro 1, 2, 3.

Il programma provvede automaticamente alla definizione ed all'orientamento del sistema. Gli assi 1 e 2 sono contenuti nel piano dell'elemento, l'asse 3 è ortogonale all'elemento. Il programma di norma dispone il sistema in modo che l'asse 3 sia diretto secondo l'asse globale Z positivo per gli elementi non verticali, e secondo l'asse globale X o Y positivo per gli elementi verticali.

7. MODELLO DI CALCOLO

7.1. Descrizione metodi di analisi

I calcoli della struttura sono stati eseguiti utilizzando il programma di calcolo PRO_SAP PROFESSIONAL - (vers. 21.9.2).

Come dati di ingresso vengono forniti:

- I parametri caratteristici dei materiali utilizzati;
- Le caratteristiche geometriche delle sezioni utilizzate;
- Le coordinate dei nodi;
- Il numero di elementi beam e i dati ad esse relativi (nodi di estremità, sezione, materiale);
- I vincoli (e le rigidezze equivalenti di eventuali vincoli elastici);
- I carichi (applicati ai nodi o agenti sugli elementi beam);
- Le eventuali distorsioni o salti termici applicati agli elementi beam;
- I coefficienti moltiplicativi delle singole condizioni di carico, e quindi le combinazioni di carico desiderate.

Il programma fornisce in uscita:

- Gli spostamenti (orizzontali e verticali) e le rotazioni dei nodi;
- L'azione assiale, il taglio e il momento flettente e lo stato tensionale negli elementi beam;
- I valori delle reazioni vincolari.

7.2. Ipotesi di modellazione agli elementi finiti

Il modello della struttura deve essere tridimensionale e rappresentare in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidezza e resistenza, con particolare attenzione alle situazioni nelle quali componenti orizzontali dell'azione sismica possono produrre forze d'inerzia verticali (travi di grande luce, sbalzi significativi, etc.). Nella definizione del modello alcuni elementi strutturali considerati "secondari" e gli elementi non strutturali autoportanti, possono essere rappresentati unicamente in termini di massa, considerando il loro contributo alla rigidezza e alla resistenza del sistema strutturale solo qualora possiedano rigidezza e resistenza tali da modificare significativamente il comportamento del modello.

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

Tutti i dati di "in-put" e i risultati delle elaborazioni numeriche sono estesamente riportati nei tabulati di calcolo.

Nel modello vengono tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali.

La presenza degli orizzontamenti è tenuta in conto o con elementi solaio/pannello poligonale o modellando la soletta con elementi SHELL.

L'analisi delle sollecitazioni viene condotta in fase elastica lineare tenendo conto eventualmente degli effetti del secondo ordine. Le sollecitazioni derivanti dalle azioni sismiche possono essere ottenute sia da analisi statiche equivalenti che da analisi dinamiche modali. I vincoli tra i vari elementi strutturali e con il terreno sono modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

Nella definizione dell'azione sismica sulla struttura, è stato tenuto conto della modifica del moto sismico indotta dall'interazione fondazione-terreno. In particolare il contributo di rigidità del sistema di fondazione è stato considerato in un modello completo struttura-fondazione-terreno dove l'interazione fondazione-terreno è stata eseguita con il modello di Winkler.

I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono elastico lineari.

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

- per i carichi statici, metodo delle deformazioni;
- per i carichi sismici, metodo dell'analisi modale.

I pilastri e le travi sono schematizzati tramite elementi monodimensionali (D2) tipo "beam" ai quali sono state assegnate le caratteristiche dei materiali (come riportato nei precedenti paragrafi), le sezioni geometriche degli elementi e le relative condizioni ambientali. Tali elementi D2 sono formulati nello spazio e definiti per mezzo di due nodi. Un terzo nodo supplementare, il "nodo K", è usato per gestire l'orientamento della sezione della trave nello spazio. L'elemento Beam ha al massimo tre gradi di libertà traslazionali e tre gradi di libertà rotazionali. Agli estremi dell'elemento sono determinate le sei componenti della sollecitazione: tre momenti (torcente e due flettenti), sforzo assiale e due sforzi taglianti.

Le coperture sono state modellate tramite elementi solaio che, oltre a svolgere la funzione di scarico delle azioni verticali sugli elementi portanti, possono essere considerati o meno come piani rigidi in relazione allo spessore e alla rigidità della sua porzione considerata come rigida.

Nel caso in esame i solai sono stati implementati tramite elementi che aggiungono rigidità alla struttura.

Le pareti sono state modellate tramite elementi pannello.

7.3. Metodo di analisi sismica applicata: analisi modale

Il metodo di analisi adottato per la valutazione dell'azione sismica è l'analisi modale o analisi dinamica lineare.

Tale metodo consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo, quale quella indicata nell'espressione:

$$E = (\sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j)^{1/2}$$

con:

- E_j valore dell'effetto relativo al modo j ;
- ρ_{ij} coefficiente di correlazione tra il modo i e il modo j , calcolato con formule di comprovata validità quale:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2\beta_{ij}^{3/2}}{(1+\beta_{ij})[(1-\beta_{ij})^2 + 4\xi^2\beta_{ij}]}$$

- ξ smorzamento viscoso dei modi i e j ;
- ρ_{ij} è il rapporto tra l'inverso dei periodi di ciascuna coppia i - j di modi ($\rho_{ij} = T_j/T_i$).

Per gli edifici, gli effetti della eccentricità accidentale del centro di massa possono essere determinati mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano, moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo.

Il programma di calcolo PRO SAP PROFESSIONAL considera in automatico le masse in gioco assegnando ad ogni elemento un peso specifico funzione del tipo di materiale assegnato e considerando i carichi applicati al modello.

Attraverso l'analisi spettrale è possibile calcolare la risposta della struttura attraverso lo spettro (in termini di forze, spostamenti, sollecitazioni).

Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi non dissipativi, come avviene per gli stati limite di esercizio, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q unitario.

7.4. Sicurezza e prestazioni attese

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale. Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata.

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso.

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Per la valutazione della sicurezza delle costruzioni si devono adottare criteri probabilistici scientificamente comprovati. Nel seguito sono normati i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basati sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza, applicabili nella generalità dei casi; tale metodo è detto di primo livello. Per opere di particolare importanza si possono adottare metodi di livello superiore, tratti da documentazione tecnica di comprovata validità.

Nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici, R_{ki} e F_{kj} definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%. Per le grandezze con piccoli coefficienti di variazione, ovvero per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare frattili al 50% (valori mediani). La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dalla equazione formale:

- $R_d \geq E_d$

dove

- R_d è la resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;
- E_d è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto $F_{dj} = F_{kj} \cdot \gamma_{Fj}$ delle azioni o direttamente $E_{dj} = E_{kj} \gamma_{Ej}$.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γ_{Fj} , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono in conto la variabilità delle rispettive grandezze e le incertezze relative alle tolleranze geometriche e alla affidabilità del modello di calcolo.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

7.5. Affidabilità del codice di calcolo

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, costituita da un ampio manuale d'uso contenente una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

La presenza di un modulo grafico per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. È possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura.

PROSAP permette di esportare i dati di input e di output in vari formati, tra i quali Excel, per il controllo e la gestione dei tabulati di input e di output tramite fogli di calcolo.

In generale, il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato se non vengono riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

Inoltre, è possibile scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando mesh più dettagliate.

Il confronto fra i risultati ottenuti può essere tipicamente classificato secondo una delle modalità seguenti:

- *Esatto*: non c'è differenza tra i risultati del PROSAP e i risultati indipendenti;
- *Accettabile*, se la differenza tra i risultati del PROSAP e i risultati indipendenti non supera i valori seguenti:
 - ✓ 5% per le forze, i momenti e i valori degli spostamenti;
 - ✓ 10% per le azioni interne e i valori delle tensioni;
 - ✓ 25% per valori sperimentali.
- *Non accettabile*, se la differenza tra i risultati del PROSAP e i risultati indipendenti eccede i valori sopra riportati.

La differenza percentuale tra i risultati è tipicamente calcolata con la formula seguente:

$$\Delta\% = 100 \left(\frac{\text{Risultati PROSAP}}{\text{Risultati indipendenti}} - 1 \right)$$

DICHIARAZIONE DI AFFIDABILITÀ

Dichiarazione del produttore-distributore di PRO_SAP PROfessional SAP riguardante l'affidabilità del codice (NTC 2018 - Paragrafo 10.2)

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo: PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program

Autore-Produttore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Affidabilità dei codici

- Inquadramento teorico della metodologia

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi statici.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi dinamici (tra i quali quelli di tipo sismico).

Gli elementi, lineari e non lineari, utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento TRUSS (asta)
Elemento BEAM (trave)
Elemento MEMBRANE (membrana)
Elemento PLATE (piastra-guscio)

Elemento BRICK (solido)
Elemento CINGHIA
Elemento BOUNDARY (molla)
Elemento STIFFNESS
(matrice di rigidezza)

- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità

2S.I. ha verificato, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna e con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <http://www.2si.it/affidabilita.php>

- Filtri di autodiagnostica

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione.

Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi.

Garanzia di qualità

Dal 1 dicembre 1999 2S.I. ha prodotto un manuale di qualità in funzione dei requisiti della norma di riferimento UNI EN ISO 9001.

Tutte le attività dell'azienda sono regolate dalla documentazione e dalle procedure in esso contenute.

In relazione alla attività di validazione dei prodotti software si dichiara inoltre quanto segue:

- la fase di progetto degli algoritmi è preceduta dalla ricerca di risultati di confronto reperibili in bibliografia o riproducibili con calcoli manuali;
- la fase di implementazione degli algoritmi è continuamente validata con strumenti automatici (tools di sviluppo) e attraverso confronti;
- il software che implementa gli algoritmi è testato, confrontato e controllato anche da tecnici qualificati che non sono intervenuti nelle precedenti fasi.

Nella produzione del solutore FEM 2S.I. implementa componenti sviluppati da CM2 - Computing Objects SARL spin-off dell'École Centrale Paris, France. E' disponibile la documentazione di affidabilità di tali componenti all'indirizzo web:

http://www.2si.it/software/download/manuali/pro_sap_quaderni/Affidabilita/benchmarks_e_sap.zip

8. CARICHI DI PROGETTO

Di seguito si riportano i carichi relativi ai pesi propri degli elementi strutturali, i sovraccarichi permanenti ed i sovraccarichi accidentali previsti a progetto.

8.1. Peso proprio strutturale (caso di carico G_{gk})

Il peso proprio degli elementi strutturali determinato attribuendo il relativo peso specifico. In particolare, al fine della determinazione del carico da peso proprio, G_{gk}, si adotta il seguente valore di peso di volume:

$$\gamma_{cls} = 2500 \text{ daN/m}^3$$

Si è assunto un peso proprio strutturale del solaio di copertura in laterocemento 20+5cm pari a 325daN/mq

8.2. Sovraccarico permanente (caso di carico G_k)

- SOLAIO
 - Massetto pendenze + finitura 250kg/mq

8.3. Carico da neve (caso di carico Q_{sk})

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

q_{sk}: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per Tr = 50 anni);

Zona	Esposizione		Ce	TR	as	q _{sk}
III	Zona normale		1,00	50 anni	19 m	60,00

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 5,0^\circ$

$$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 48 \text{ daN/mq}$$

8.4. Carico da vento (caso di carico Q_{vk})

VENTO

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

$V_{b,0}$: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a_0 : altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

k_s : parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

a_s : altitudine del sito;

T_R : periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

V_b : velocità di riferimento calcolata come segue:

$$V_b = V_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1)) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

per $a_s > 1500 \text{ m}$ vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate

Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $a_s = 1500 \text{ m}$

C_r : coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno T_R

V_r : velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno T_R

Zona	$V_{b,0}$	a_0	k_s	a_s	T_R	V_b	C_r	V_r
3	27 m/s	500 m	0,37	19 m	50 anni	27,00 m/s	1,000	27,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $q_r = \frac{1}{2} \rho V_r^2 = 46 \text{ daN/m}^2$

dove: ρ è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)

Esposizione:

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

K_r	z_0	z_{min}
0,19	0,05 m	4 m

Classe di rugosità del terreno: C (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

Cp: coefficiente di pressione;

Cd: coefficiente dinamico;

Ct: coefficiente di topografia;

Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);

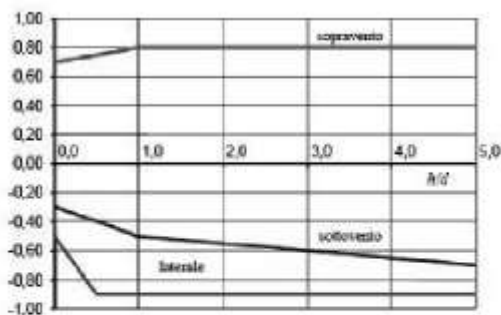
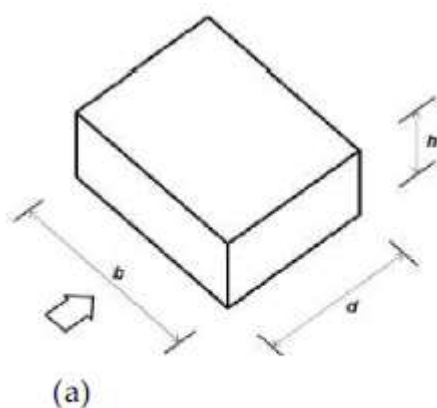
z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	1,80	3,80 m

Pressione del vento

$$p = q_r C_e C_p C_d = 82 \text{ daN/mq}$$

Calcolo coeff. di pressione come riportato nella circolare applicativa del 21/01/2019, in particolare nel capitolo C.3.3.8.1.1



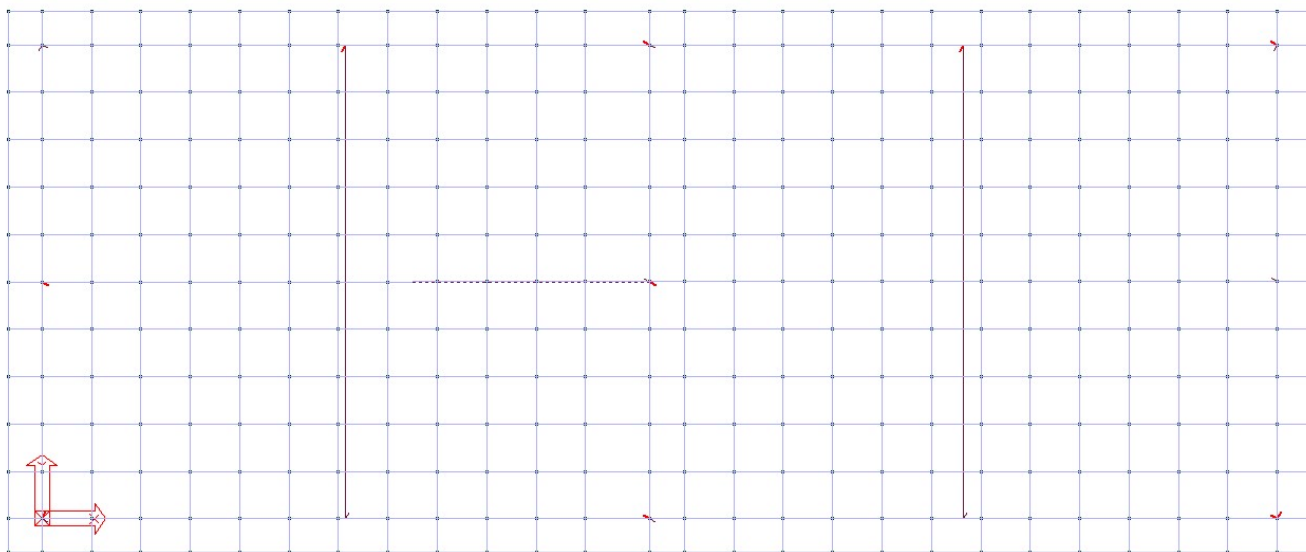
a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare,

b) Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali

Faccia sopravento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$: $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$: $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$: $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$: $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$: $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$: $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

N.B. $C_U = 2,0$ relativo a faccia sottovento.



Si riportano in seguito le dimensioni del fabbricato e il relativo rapporto h/d per le due direzioni ortogonali.

$D=12.15\text{m}$; $B=4.65\text{m}$; $h= 3.525\text{m} \rightarrow h/d=0.290$ DIREZIONE X

$B=12.15\text{m}$; $D=4.65\text{m}$; $h= 3.525\text{m} \rightarrow h/d=0.758$ DIREZIONE Y

Sopravento $V+/-x$: $C_{pe} = 0.729 \rightarrow Q_v = P \cdot C_{pe}=59.778\text{daN/mq}$

Sottovento $V+/-x$: $C_{pe} = 0.90 \rightarrow Q_v = P \cdot C_{pe}=73.80\text{daN/mq}$

Sopravento $V+/-y$: $C_{pe} = 0.776 \rightarrow Q_v = P \cdot C_{pe}=63.632\text{daN/mq}$

Sottovento $V+/-y$: $C_{pe} = 0.90 \rightarrow Q_v = P \cdot C_{pe}=73.80\text{daN/mq}$

8.5. Azione del sisma (E_d)

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente e $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento T_R .

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento T_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso. Fissato il periodo di riferimento T_R e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica:

- a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Vita nominale: 50 anni;
- Classe d'uso: *Classe III*;
- Periodo di riferimento: $C_u=1.5$;
- Categoria suolo di fondazione: C;
- Categoria topografica: T1.
- Il fattore di struttura q è calcolato come (secondo il paragrafo 7.3.1 D.M. 2008): a favore di sicurezza è stato considerato un fattore di struttura pari a 1.

Di seguito sono riportati i dati di input dell'azione sismica:

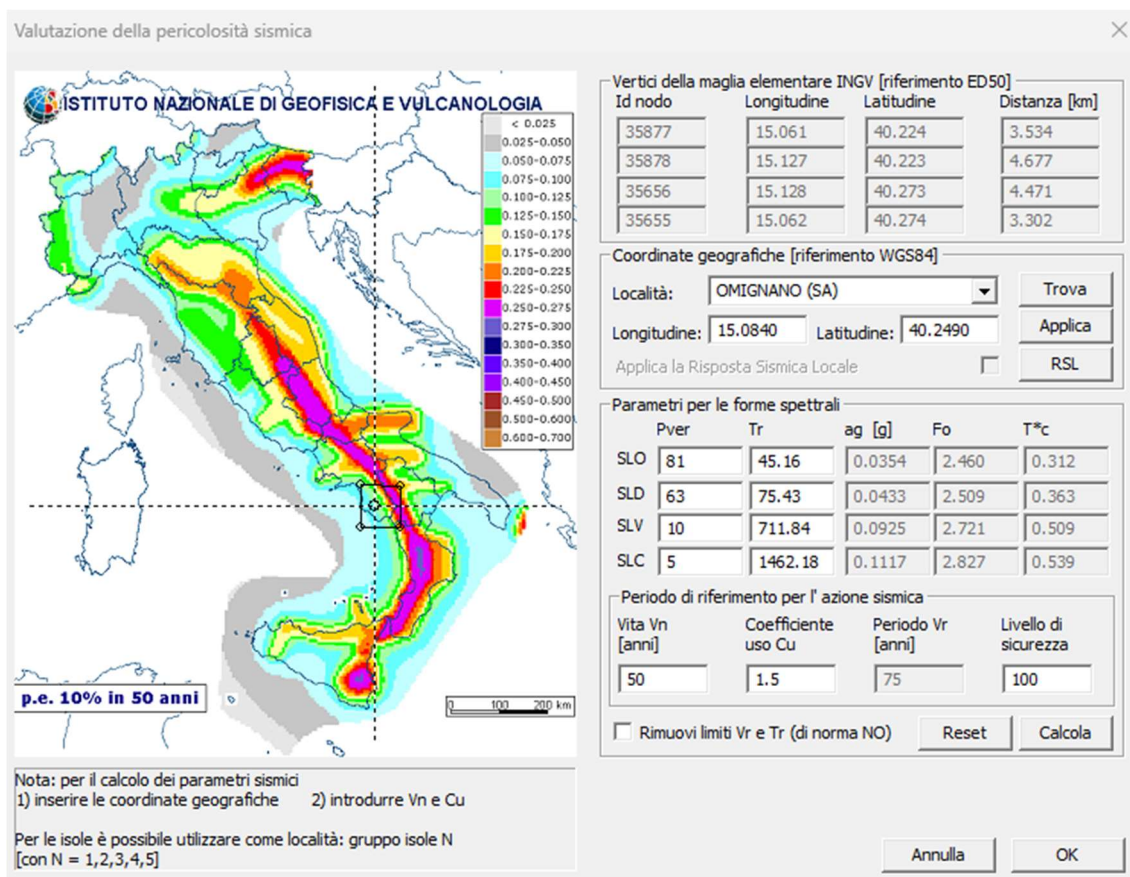


Figura 4: Valutazione della pericolosità sismica.

Tabella 1: Parametri della struttura.

Parametri della struttura										
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica	Fattore di sito [S]	Fattore di comportamento [q]	Classe di duttilità	n° modi	Combinazione modale
III	50.0	1.5	75.0	C	T1	1.5	1	ND	3	CQC

Passo 1

Classe d'uso

☐ I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli...]

☐ II edifici ordinari

☒ III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...)

☐ IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)

Pericolosità e zonazione

pericolosità sismica

agS per SLV: 0.139

Modalità di progettazione semplificata per $agS < 0.075$ ☐

Strutture esistenti

☒ LC1: conoscenza limitata

☐ LC2: conoscenza adeguata

☐ LC3: conoscenza accurata

Fattore di confidenza FC: 1.35

S (oriz.)

Sv (vert.)

< Indietro Avanti > Annulla Aggiorna

Figura 5: Classe d'uso.

8.5.1 Vita nominale e classe d'uso e periodo di riferimento

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

Per l'opera in esame si considera una vita nominale $V_N = 50$ anni (opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale).

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 6: Vita nominale.

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, per l'opera in oggetto di verifica è stata considerata una Classe d'uso III, ovvero costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Figura 7: Classe d'uso.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U .

Essendo l'edificio in esame struttura di classe II, si ottiene **$V_R = 75$ anni.**

8.5.2 Stati limite e relative probabilità di superamento

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate in seguito.

Stati Limite	P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Figura 8: Probabilità di superamento.

La verifica delle strutture viene effettuata nei confronti dello Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e (SLD).

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

8.5.3 Caratteristiche morfologiche e spettri di risposta

Si è considerato cautelativamente un terreno di Categoria C al fine di amplificare l'azione sismica agente.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figura 9: Caratteristiche della superficie topografica.

L'edificio sorge a Omignono Scalo (SA), in zona pianeggiante, pertanto si sceglie la categoria topografica T1.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, 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 $i > 30^\circ$

Figura 10: Categoria topografica.

Sulla base della categoria di sottosuolo è possibile determinare dalla tabella seguente, il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e il coefficiente C_c .

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

Figura 11: Determinazione coefficienti amplificazione stratigrafica S_s e C_c .

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si ricava, entrando con la categoria topografica T1, il coefficiente di amplificazione topografica S_T dalla seguente:

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

Figura 12: Determinazione del coefficiente di amplificazione topografica.

Si riportano in seguito i parametri di calcolo e i grafici relativi allo spettro di progetto allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e allo Stato Limite di Danno (SLD), estrapolati dal foglio di calcolo "Spettri di risposta ver. 1.03" fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:

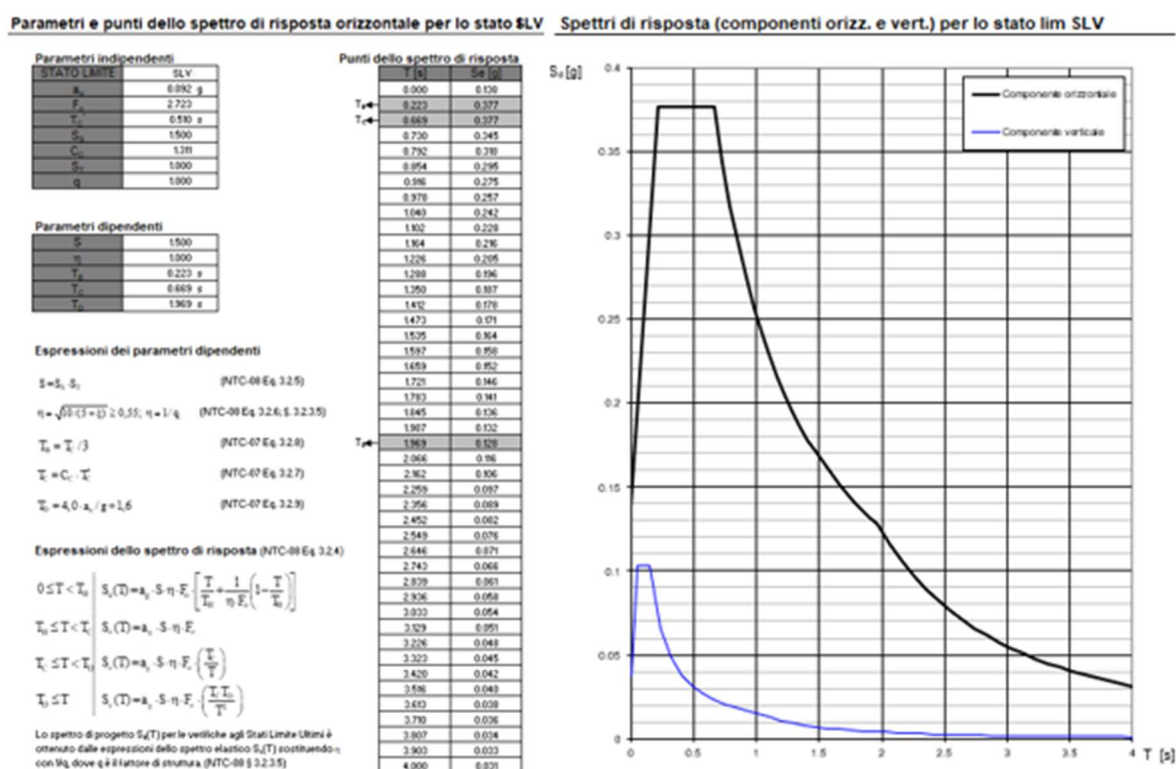


Figura 13: Parametri spettro di risposta SLV.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLD Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD

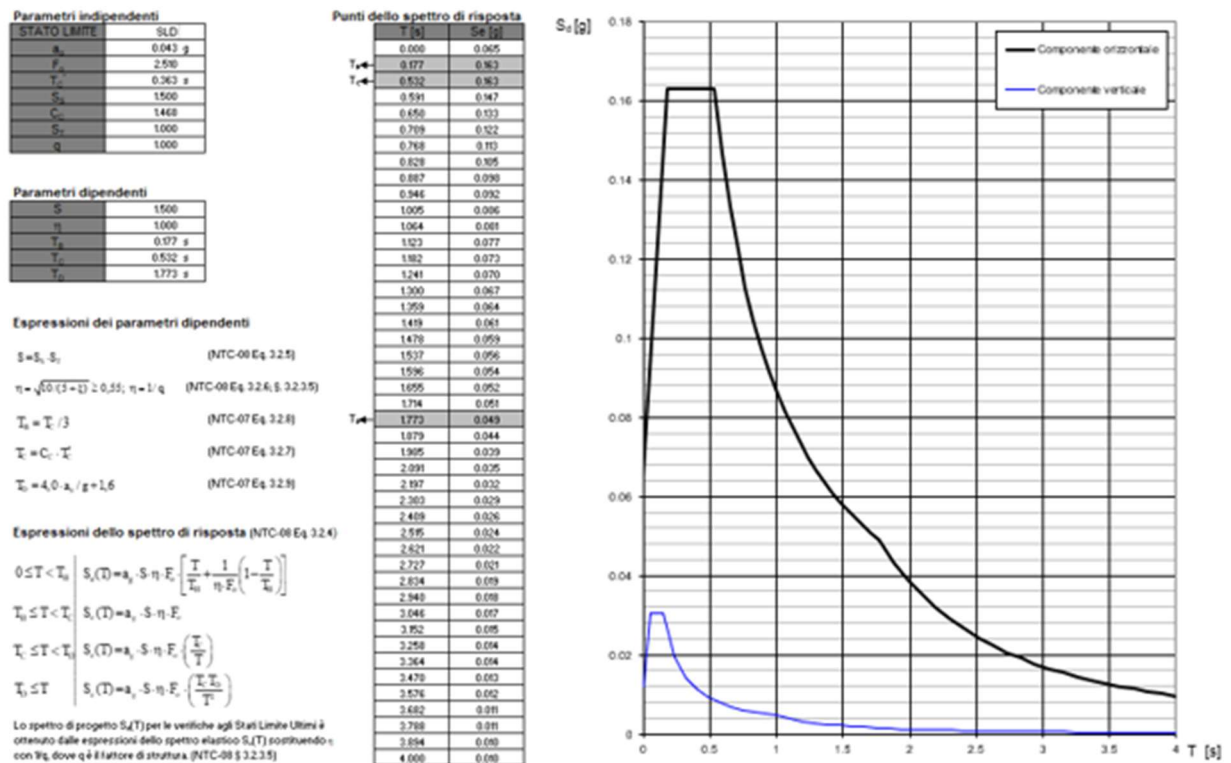


Figura 14: Parametri spettro di risposta SLD.

8.5.4 Risultati azione sismica

L'analisi sismica svolta è di tipo dinamica (analisi modale)

Tabella 2: Parametri dell'azione sismica all'SLV direzione X.

Direzione	Tipo	Sigla Id	Note
X	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ECC+)	Ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.378g Periodo proprio T1: 0.265sec.
X		CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ECC-)	Ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.378 g Periodo proprio T1: 0.265sec.

Tabella 3: Parametri dell'azione sismica all'SLV direzione Y.

Direzione	Tipo	Sigla Id	Note
Y	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.0 (ECC+)	Ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.378g Periodo proprio T1: 0.389 sec.
Y		CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.0 (ECC-)	Ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.378 g Periodo proprio T1: 0.388sec.

Tabella 4: Parametri dell'azione sismica all'SLD direzione X.

Direzione	Tipo	Sigla Id	Note
X	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ECC+)	Ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.163 g Periodo proprio T1: 0.265 sec.
X		CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ECC-)	Ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.163 g Periodo proprio T1: 0.265sec.

Tabella 5: Parametri dell'azione sismica all'SLD direzione Y.

Direzione	Tipo	Sigla Id	Note
Y	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.0 (ECC+)	Ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.163 g Periodo proprio T1: 0.389sec.
Y		CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.0 (ECC-)	Ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.163g Periodo proprio T1: 0.388 sec.

Tabella 6: Masse modali in funzione dei principali modi di vibrare.

Modo	Periodo	Acc.	MX g	% X	MY g	% Y	MZ g	% Z
	sec	g	kN		kN		kN	
1	0.385	0.378	0.02	3.58e-05	4.437e+04	95.5	0.0	0.0
2	0.287	0.378	4858.91	10.5	1.73	3.72e-03	2.05e-03	4.41e-06
3	0.265	0.378	3.925e+04	84.5	0.11	2.27e-04	0.03	5.88e-05
4	0.119	0.266	2.63	5.66e-03	0.0	0.0	4.640e+04	99.9
5	0.110	0.257	2327.62	5.0	0.03	7.30e-05	42.42	9.14e-02
6	0.110	0.257	0.04	8.54e-05	2068.56	4.5	6.54e-04	1.41e-06
7	0.080	0.224	2.81e-03	6.06e-06	0.08	1.80e-04	0.0	0.0
8	0.062	0.206	0.59	1.28e-03	0.0	0.0	1.00	2.16e-03
9	0.050	0.193	0.0	0.0	0.49	1.05e-03	0.0	0.0
10	0.027	0.167	9.34e-06	0.0	0.07	1.48e-04	6.02e-06	0.0
11	0.014	0.154	4.84e-03	1.04e-05	5.61e-06	0.0	0.0	0.0
12	0.014	0.153	0.0	0.0	9.97e-05	0.0	1.89e-03	4.08e-06
13	0.012	0.152	1.67e-06	0.0	3.26e-06	0.0	2.74e-05	0.0
14	0.012	0.151	3.63e-06	0.0	2.93e-04	0.0	1.51e-04	0.0
15	0.011	0.150	8.30e-03	1.79e-05	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.010	0.150	9.41e-04	2.03e-06	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.009	0.148	2.47e-04	0.0	0.0	0.0	8.38e-05	0.0
18	0.009	0.148	0.02	4.61e-05	0.0	0.0	0.0	0.0
Totale			4.644e+04		4.644e+04		4.644e+04	
%			100.00		100.00		100.00	

9. APPLICAZIONE DEI CARICHI AL MODELLO

9.1. Definizione casi di carico

Tabella 7: Casi di carico disponibili nel software Pro_SAP.

	Sigla	Tipo	Descrizione
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali.

Per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene riportata la relativa aliquota (partecipazione) considerata.

Si precisa che per i casi di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

Nelle tabelle successive vengono riportati i casi di carico agenti sulle differenti tipologie strutturali, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso: numero, tipo e sigla identificativa, valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

Tabella 8: Casi di carico

N°	Tipo	Sigla Id
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)
4	Gsk	CDC=G2pk (permanente pannelli n.c.d.)
5	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)
6	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)
14	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)
15	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) v+x
16	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) v-x
17	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) v+y
18	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) v-y
19	Gk	CDC=G2k (permanente generico n.c.d.) G2
20	Qk	CDC=Qk (variabile generico) qk_uffici
21	Qk	CDC=Qk (variabile generico) qk_CAT_E2 - QE

Tabella 9: Elenco combinazioni di carico.

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	SLU QM_QN_QV+X_QB1_QE2
2	SLU	SLU QM_QN_QV-X_QB1_QE2
3	SLU	SLU QM_QN_QV+Y_QB1_QE2
4	SLU	SLU QM_QN_QV-Y_QB1_QE2
5	SLU	SLU QN_QV+X_QB1_QE2_QM
6	SLU	SLU QN_QV-X_QB1_QE2_QM
7	SLU	SLU QN_QV+Y_QB1_QE2_QM
8	SLU	SLU QN_QV-Y_QB1_QE2_QM
9	SLU	SLU QV+X_QB1_QE2_QM_QN
10	SLU	SLU QV-X_QB1_QE2_QM_QN
11	SLU	SLU QV+Y_QB1_QE2_QM_QN
12	SLU	SLU QV-Y_QB1_QE2_QM_QN
13	SLU	SLU QB1_QE2_QM_QN_QV+X
14	SLU	SLU QB1_QE2_QM_QN_QV-X
15	SLU	SLU QB1_QE2_QM_QN_QV+Y
16	SLU	SLU QB1_QE2_QM_QN_QV-Y
17	SLU	SLU QE2_QM_QN_QV+X_QB1
18	SLU	SLU QE2_QM_QN_QV-X_QB1
19	SLU	SLU QE2_QM_QN_QV+Y_QB1
20	SLU	SLU QE2_QM_QN_QV-Y_QB1
21	SLE(r)	SLER QM_QN_QV+X_QB1_QE2
22	SLE(r)	SLER QM_QN_QV-X_QB1_QE2
23	SLE(r)	SLER QM_QN_QV+Y_QB1_QE2
24	SLE(r)	SLER QM_QN_QV-Y_QB1_QE2
25	SLE(r)	SLER QN_QV+X_QB1_QE2_QM
26	SLE(r)	SLER QN_QV-X_QB1_QE2_QM
27	SLE(r)	SLER QN_QV+Y_QB1_QE2_QM
28	SLE(r)	SLER QN_QV-Y_QB1_QE2_QM
29	SLE(r)	SLER QV+X_QB1_QE2_QM_QN
30	SLE(r)	SLER QV-X_QB1_QE2_QM_QN
31	SLE(r)	SLER QV+Y_QB1_QE2_QM_QN
32	SLE(r)	SLER QV-Y_QB1_QE2_QM_QN
33	SLE(r)	SLER QB1_QE2_QM_QN_QV+X
34	SLE(r)	SLER QB1_QE2_QM_QN_QV-X
35	SLE(r)	SLER QB1_QE2_QM_QN_QV+Y
36	SLE(r)	SLER QB1_QE2_QM_QN_QV-Y
37	SLE(r)	SLER QE2_QM_QN_QV+X_QB1
38	SLE(r)	SLER QE2_QM_QN_QV-X_QB1
39	SLE(r)	SLER QE2_QM_QN_QV+Y_QB1
40	SLE(r)	SLER QE2_QM_QN_QV-Y_QB1
41	SLE(f)	SLEF QM_QN_QV+X_QB1_QE2
42	SLE(f)	SLEF QM_QN_QV-X_QB1_QE2
43	SLE(f)	SLEF QM_QN_QV+Y_QB1_QE2
44	SLE(f)	SLEF QM_QN_QV-Y_QB1_QE2
45	SLE(f)	SLEF QN_QV+X_QB1_QE2_QM

Cmb	Tipo	Sigla Id
46	SLE(f)	SLEF QN_QV-X_QB1_QE2_QM
47	SLE(f)	SLEF QN_QV+Y_QB1_QE2_QM
48	SLE(f)	SLEF QN_QV-Y_QB1_QE2_QM
49	SLE(f)	SLEF QV+X_QB1_QE2_QM_QN
50	SLE(f)	SLEF QV-X_QB1_QE2_QM_QN
51	SLE(f)	SLEF QV+Y_QB1_QE2_QM_QN
52	SLE(f)	SLEF QV-Y_QB1_QE2_QM_QN
53	SLE(f)	SLEF QB1_QE2_QM_QN_QV+X
54	SLE(f)	SLEF QB1_QE2_QM_QN_QV-X
55	SLE(f)	SLEF QB1_QE2_QM_QN_QV+Y
56	SLE(f)	SLEF QB1_QE2_QM_QN_QV-Y
57	SLE(f)	SLEF QE2_QM_QN_QV+X_QB1
58	SLE(f)	SLEF QE2_QM_QN_QV-X_QB1
59	SLE(f)	SLEF QE2_QM_QN_QV+Y_QB1
60	SLE(f)	SLEF QE2_QM_QN_QV-Y_QB1
61	SLE(p)	SLEF QB1/QE2
62	SLE(p)	SLEF QB1/QE2
63	SLE(p)	SLEF QB1/QE2
64	SLE(p)	SLEF QB1/QE2
65	SLU	SLV_1_100X_30Y_ex+_ey+
66	SLU	SLV_2_100X_30Y_ex+_ey-
67	SLU	SLV_3_100X_30Y_ex-_ey+
68	SLU	SLV_4_100X_30Y_ex-_ey-
69	SLU	SLV_5_100X_-30Y_ex+_ey+
70	SLU	SLV_6_100X_-30Y_ex+_ey-
71	SLU	SLV_7_100X_-30Y_ex-_ey+
72	SLU	SLV_8_100X_-30Y_ex-_ey-
73	SLU	SLV_9_-100X_30Y_ex+_ey+
74	SLU	SLV_10_-100X_30Y_ex+_ey-
75	SLU	SLV_11_-100X_30Y_ex-_ey+
76	SLU	SLV_12_-100X_30Y_ex-_ey-
77	SLU	SLV_13_-100X_-30Y_ex+_ey+
78	SLU	SLV_14_-100X_-30Y_ex+_ey-
79	SLU	SLV_15_-100X_-30Y_ex-_ey+
80	SLU	SLV_16_-100X_-30Y_ex-_ey-
81	SLU	SLV_17_30X_100Y_ex+_ey+
82	SLU	SLV_18_30X_100Y_ex+_ey-
83	SLU	SLV_19_30X_100Y_ex-_ey+
84	SLU	SLV_20_30X_100Y_ex-_ey-
85	SLU	SLV_21_30X_-100Y_ex+_ey+
86	SLU	SLV_22_30X_-100Y_ex+_ey-
87	SLU	SLV_23_30X_-100Y_ex-_ey+
88	SLU	SLV_24_30X_-100Y_ex-_ey-
89	SLU	SLV_25_-30X_100Y_ex+_ey+
90	SLU	SLV_26_-30X_100Y_ex+_ey-
91	SLU	SLV_27_-30X_100Y_ex-_ey+

Cmb	Tipo	Sigla Id
92	SLU	SLV_28_-30X_100Y_ex-_ey-
93	SLU	SLV_29_-30X_-100Y_ex+_ey+
94	SLU	SLV_30_-30X_-100Y_ex+_ey-
95	SLU	SLV_31_-30X_-100Y_ex-_ey+
96	SLU	SLV_32_-30X_-100Y_ex-_ey-
97	SLE(sis)	SLD_1_100X_30Y_ex+_ey+
98	SLE(sis)	SLD_2_100X_30Y_ex+_ey-
99	SLE(sis)	SLD_3_100X_30Y_ex-_ey+
100	SLE(sis)	SLD_4_100X_30Y_ex-_ey-
101	SLE(sis)	SLD_5_100X_-30Y_ex+_ey+
102	SLE(sis)	SLD_6_100X_-30Y_ex+_ey-
103	SLE(sis)	SLD_7_100X_-30Y_ex-_ey+
104	SLE(sis)	SLD_8_100X_-30Y_ex-_ey-
105	SLE(sis)	SLD_9_-100X_30Y_ex+_ey+
106	SLE(sis)	SLD_10_-100X_30Y_ex+_ey-
107	SLE(sis)	SLD_11_-100X_30Y_ex-_ey+
108	SLE(sis)	SLD_12_-100X_30Y_ex-_ey-
109	SLE(sis)	SLD_13_-100X_-30Y_ex+_ey+
110	SLE(sis)	SLD_14_-100X_-30Y_ex+_ey-
111	SLE(sis)	SLD_15_-100X_-30Y_ex-_ey+
112	SLE(sis)	SLD_16_-100X_-30Y_ex-_ey-
113	SLE(sis)	SLD_17_30X_100Y_ex+_ey+
114	SLE(sis)	SLD_18_30X_100Y_ex+_ey-
115	SLE(sis)	SLD_19_30X_100Y_ex-_ey+
116	SLE(sis)	SLD_20_30X_100Y_ex-_ey-
117	SLE(sis)	SLD_21_30X_-100Y_ex+_ey+
118	SLE(sis)	SLD_22_30X_-100Y_ex+_ey-
119	SLE(sis)	SLD_23_30X_-100Y_ex-_ey+
120	SLE(sis)	SLD_24_30X_-100Y_ex-_ey-
121	SLE(sis)	SLD_25_-30X_100Y_ex+_ey+
122	SLE(sis)	SLD_26_-30X_100Y_ex+_ey-
123	SLE(sis)	SLD_27_-30X_100Y_ex-_ey+
124	SLE(sis)	SLD_28_-30X_100Y_ex-_ey-
125	SLE(sis)	SLD_29_-30X_-100Y_ex+_ey+
126	SLE(sis)	SLD_30_-30X_-100Y_ex+_ey-
127	SLE(sis)	SLD_31_-30X_-100Y_ex-_ey+
128	SLE(sis)	SLD_32_-30X_-100Y_ex-_ey-

Tabella 10: Pesi associati alle singole combinazioni di carico.

Cm b	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	1.30	1.30	1.30	1.50	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.90	0.0	0.0	0.0	1.30	1.05	1.50							
2	1.30	1.30	1.30	1.30	1.50	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.90	0.0	0.0	1.30	1.05	1.50							
3	1.30	1.30	1.30	1.30	1.50	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.90	0.0	1.30	1.05	1.50							
4	1.30	1.30	1.30	1.30	1.50	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.90	1.30	1.05	1.50							
5	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.90	0.0	0.0	0.0	1.30	1.05	1.50							
6	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.90	0.0	0.0	1.30	1.05	1.50							
7	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.90	0.0	1.30	1.05	1.50							
8	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.90	1.30	1.05	1.50							
9	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.50	0.0	0.0	0.0	1.30	1.05	1.50							
10	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	1.50	0.0	0.0	1.30	1.05	1.50							
11	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	1.50	0.0	1.30	1.05	1.50							
12	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	1.50	1.30	1.05	1.50							
13	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.90	0.0	0.0	0.0	1.30	1.50	1.50							
14	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.90	0.0	0.0	1.30	1.50	1.50							
15	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.90	0.0	1.30	1.50	1.50							
16	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.90	1.30	1.50	1.50							
17	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.90	0.0	0.0	0.0	1.30	1.05	1.50							
18	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.90	0.0	0.0	1.30	1.05	1.50							
19	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cm b	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
	0.0	0.0	0.90	0.0	1.30	1.05	1.50							
20	1.30	1.30	1.30	1.30	0.0	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.90	1.30	1.05	1.50							
21	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.60	0.0	0.0	0.0	1.00	0.70	1.00							
22	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.60	0.0	0.0	1.00	0.70	1.00							
23	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.60	0.0	1.00	0.70	1.00							
24	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.60	1.00	0.70	1.00							
25	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.60	0.0	0.0	0.0	1.00	0.70	1.00							
26	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.60	0.0	0.0	1.00	0.70	1.00							
27	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.60	0.0	1.00	0.70	1.00							
28	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.60	1.00	0.70	1.00							
29	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.70	1.00							
30	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	1.00	0.0	0.0	1.00	0.70	1.00							
31	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	1.00	0.0	1.00	0.70	1.00							
32	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.70	1.00							
33	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.60	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00							
34	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.60	0.0	0.0	1.00	1.00	1.00							
35	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.60	0.0	1.00	1.00	1.00							
36	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.60	1.00	1.00	1.00							
37	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.60	0.0	0.0	0.0	1.00	0.70	1.00							

Cm b	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
38	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.60	0.0	0.0	1.00	0.70	1.00							
39	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.60	0.0	1.00	0.70	1.00							
40	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.60	1.00	0.70	1.00							
41	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
42	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
43	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
44	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
45	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
46	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
47	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
48	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
49	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.20	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.20	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
51	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.20	0.0	1.00	0.30	0.80							
52	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.20	1.00	0.30	0.80							
53	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.50	0.80							
54	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.50	0.80							
55	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.50	0.80							
56	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cm b	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.50	0.80							
57	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.90							
58	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.90							
59	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.90							
60	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.90							
61	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
62	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
63	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
64	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
65	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
66	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
67	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
68	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
69	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
70	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
71	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
72	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
73	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
74	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							

Cm b	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
75	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
76	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
77	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
78	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
79	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
81	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
82	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
83	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
84	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
85	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
86	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
87	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
88	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
89	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
90	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
91	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
93	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Cm b	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
94	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
97	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
98	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
100	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
101	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
102	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
103	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
104	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
105	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
106	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
107	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
108	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
109	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
110	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
111	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							

Cm b	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
112	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
113	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
114	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
115	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
116	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
117	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
118	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
119	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
120	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
121	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
122	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
123	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
124	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
125	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
126	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
127	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							
128	1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00
	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.80							

10. RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICHE

I risultati delle analisi e delle verifiche sono consultabili nell'output del programma di calcolo, a disposizione per consultazione presso la sede dello scrivente. I dati di output sono divisi nelle seguenti sezioni:

- **DATI DI INGRESSO:** in cui sono riportati le caratteristiche geometriche, le caratteristiche dei materiali, la definizione degli elementi, la definizione dei carichi applicati (casi di carico e combinazioni);
- **RISULTATI ANALISI:** in cui vengono riportati i risultati dell'analisi statica, gli spostamenti e le reazioni in fondazione, le sollecitazioni e gli spostamenti dei vari elementi strutturali (travi, pilastri);
- **PROGETTO E VERIFICA:** in cui sono riportati gli stati di progettazioni e verifica di ogni elemento strutturale.

Si riportano di seguito le sollecitazioni e le verifiche più significative derivanti dall'analisi del programma di calcolo.

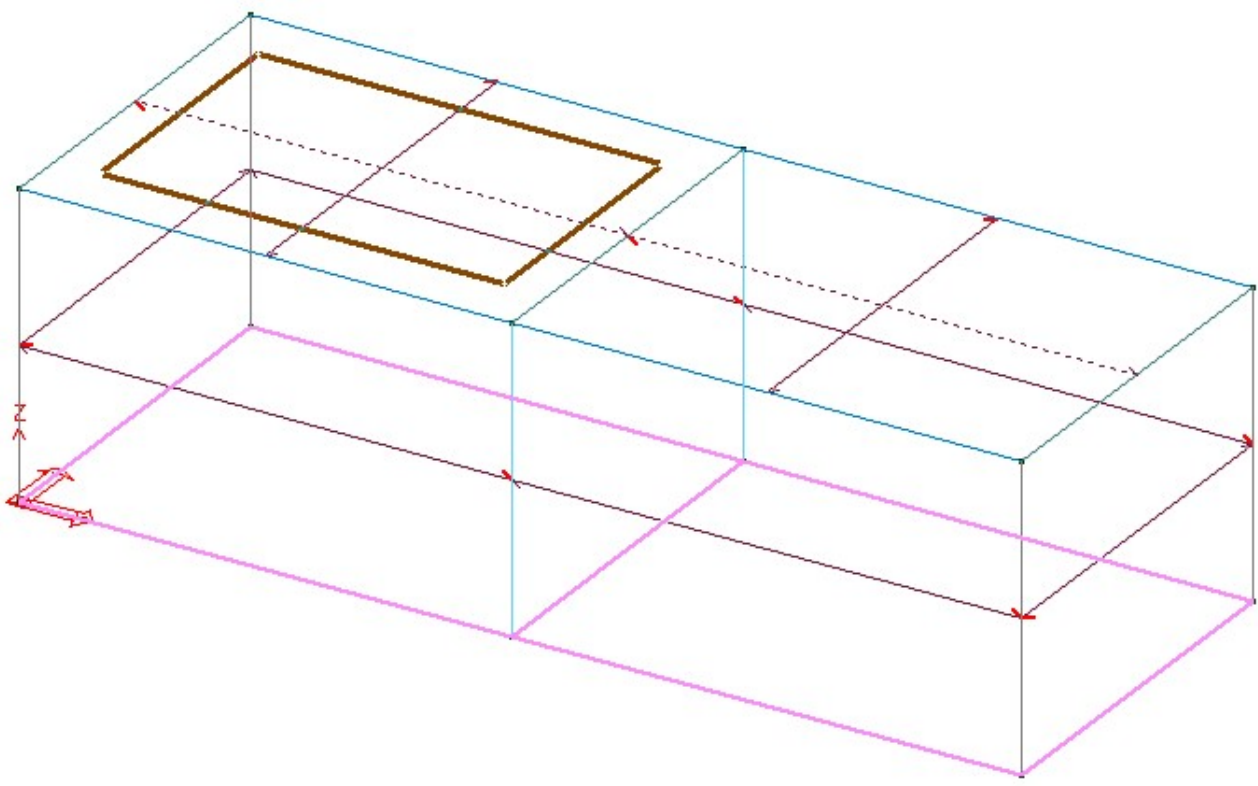


Figura 15: Vista complessiva del modello di calcolo

10.1. Travi di fondazione

10.1.1. Azioni sollecitanti (SS.LL.UU)

Dall'analisi numerica della struttura eseguita con il programma agli elementi finiti "Prosap" in funzione sia delle singole rigidezze degli elementi che costituiscono il modello, sia dei carichi sollecitanti, si riportano di seguito la azioni agenti sulle travi di fondazione.

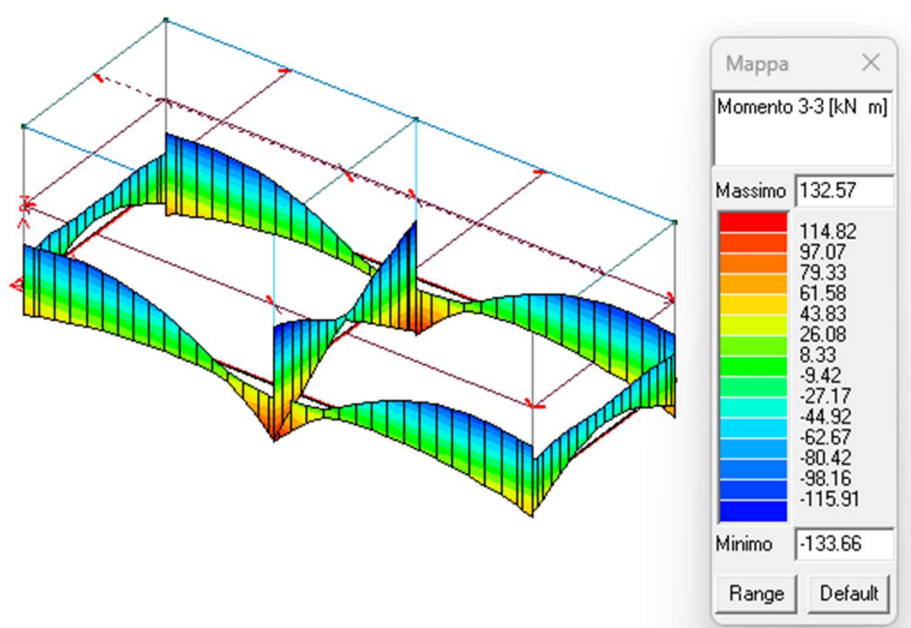


Figura 16: Distribuzione azioni flettenti M3-3.

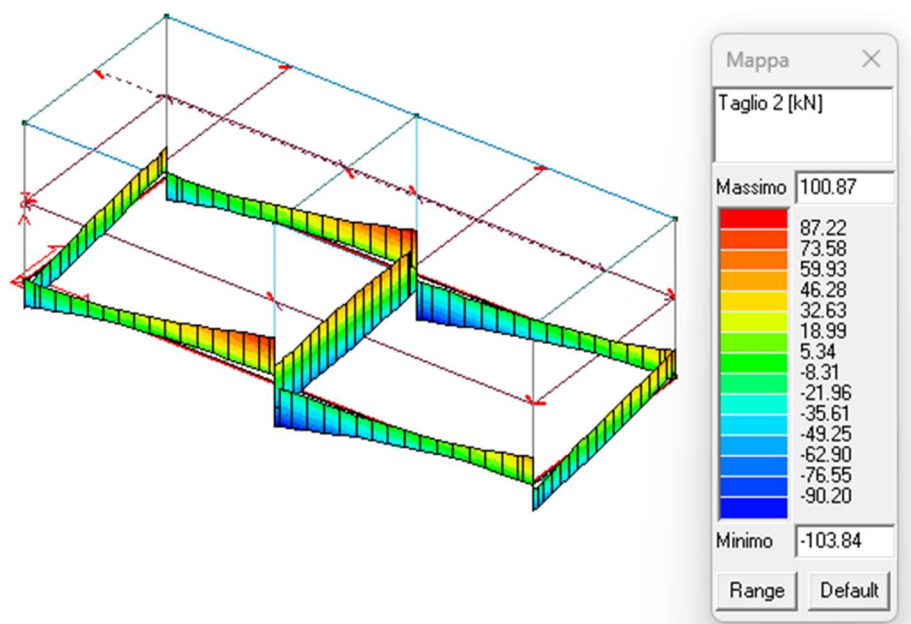


Figura 17: Distribuzione azioni taglianti T2-2.

Mappa cromatica relativa alla verifica a taglio e torsione lato acciaio V/T acciaio. La verifica è da intendersi soddisfatta se i valori riportati in mappa sono ≤ 1 (rapporto tra sollecitazione di progetto e resistenza).

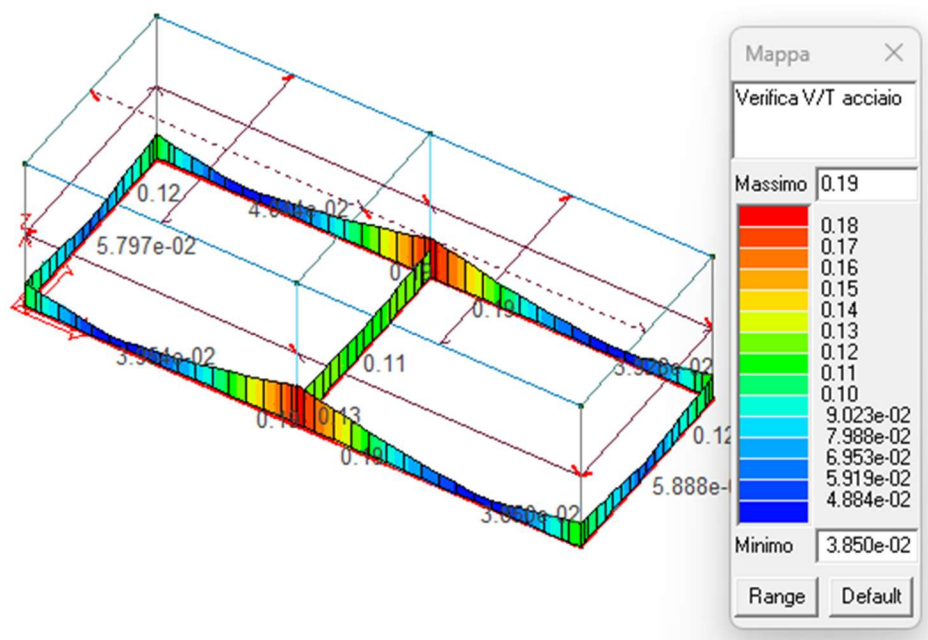


Figura 20: Verifica V/T acciaio.

Verifiche agli SS.LL.EE.

Mappa cromatica relativa alle verifiche delle tensioni max nel calcestruzzo agli SS.LL.EE. in combinazione rara. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono ≤ 1 .

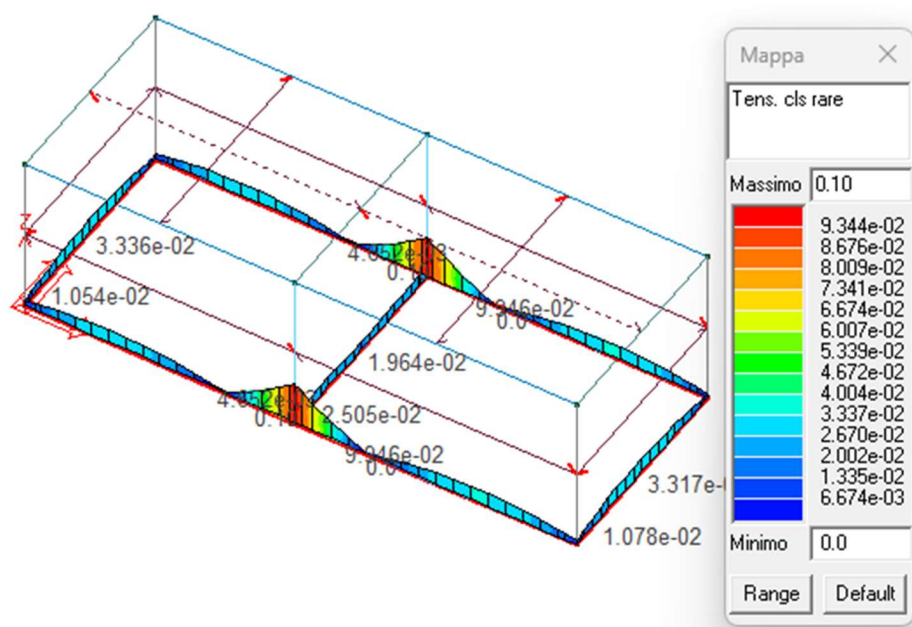


Figura 21: Verifica delle tensioni rare nel cls.

Mappa cromatica relativa alle verifiche delle tensioni max nell'acciaio agli SS.LL.EE. in combinazione rara. La verifica si intende soddisfatta se i valori in mappa sono ≤ 1 .

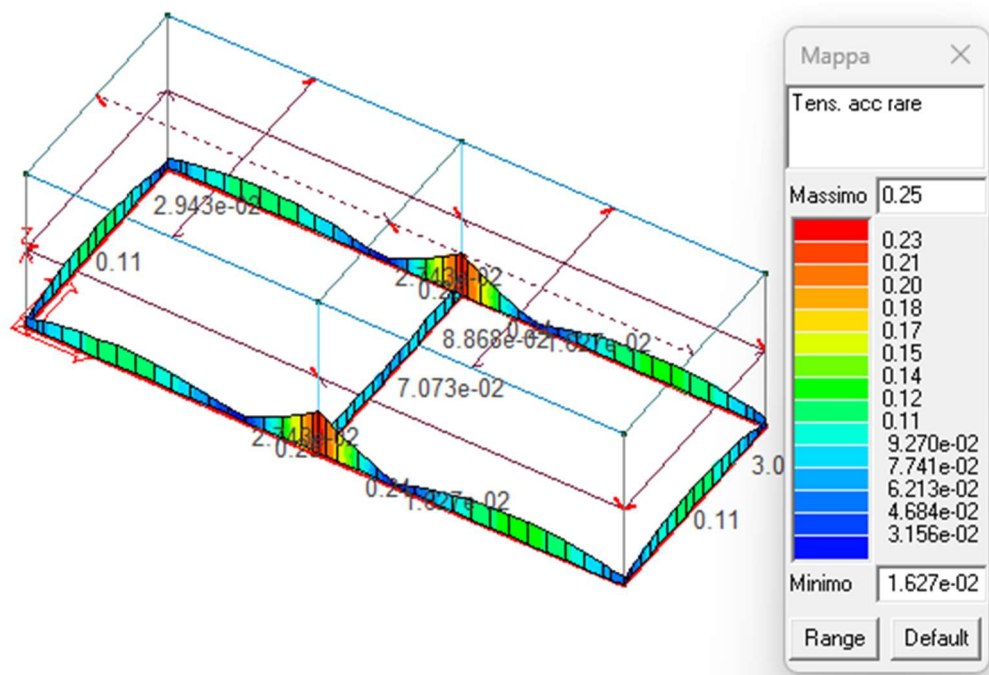


Figura 22: Verifica delle tensioni rare nell'acciaio.

Verifiche agli SS.LL.EE.

L'ampiezza delle fessure soddisfa i requisiti di normativa riportati al cap 4.1.2.2.4.4

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

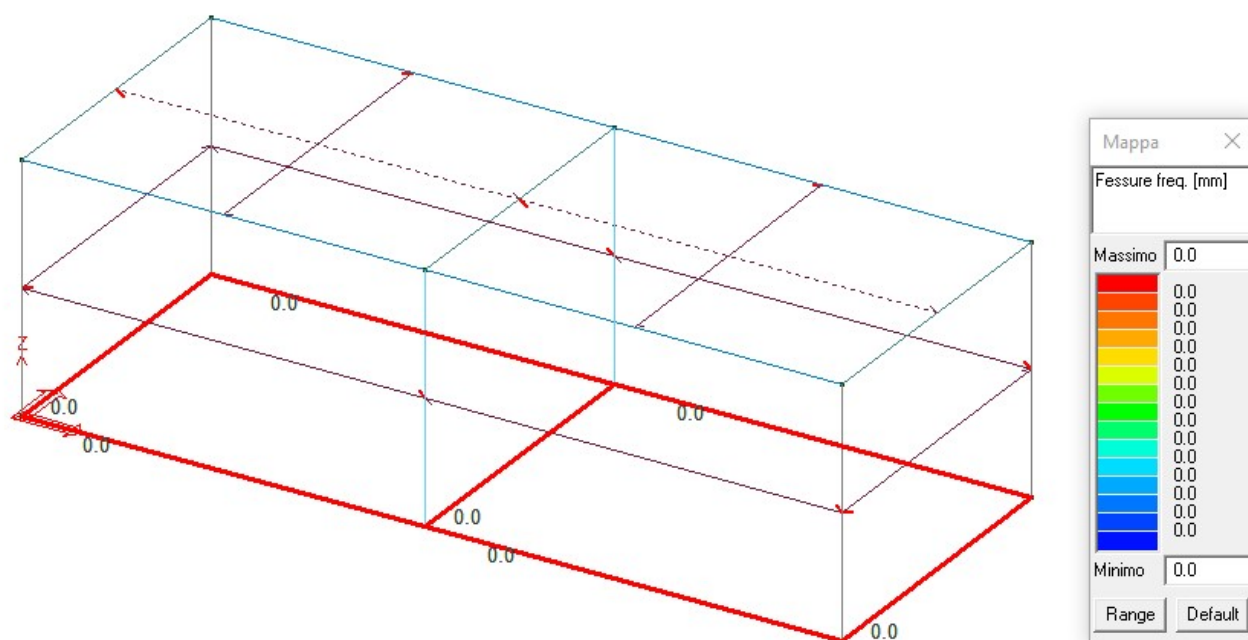


Figura 23: Fessure nel cls.

10.2. Pilastri

10.2.1. Azioni sollecitanti (SS.LL.UU)

Dall'analisi numerica della struttura eseguita con il programma agli elementi finiti "Pro_SAP" in funzione sia delle singole rigidezze degli elementi che costituiscono il modello, sia dei carichi sollecitanti, si riportano di seguito la azioni agenti sui setti di irrigidimento.

Mappa cromatica dell'involuppo delle azioni assiali agenti sui pilastri, [kN]:

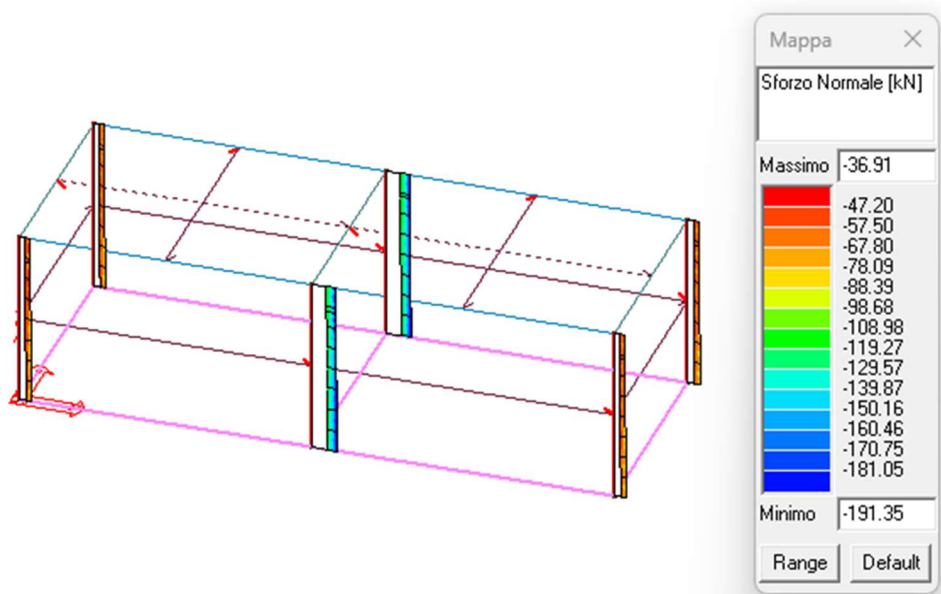


Figura 24: Distribuzione azioni assiali sui pilastri.

Mappa cromatica dell'involuppo delle azioni flettenti agenti sui pilastri [kNm]:

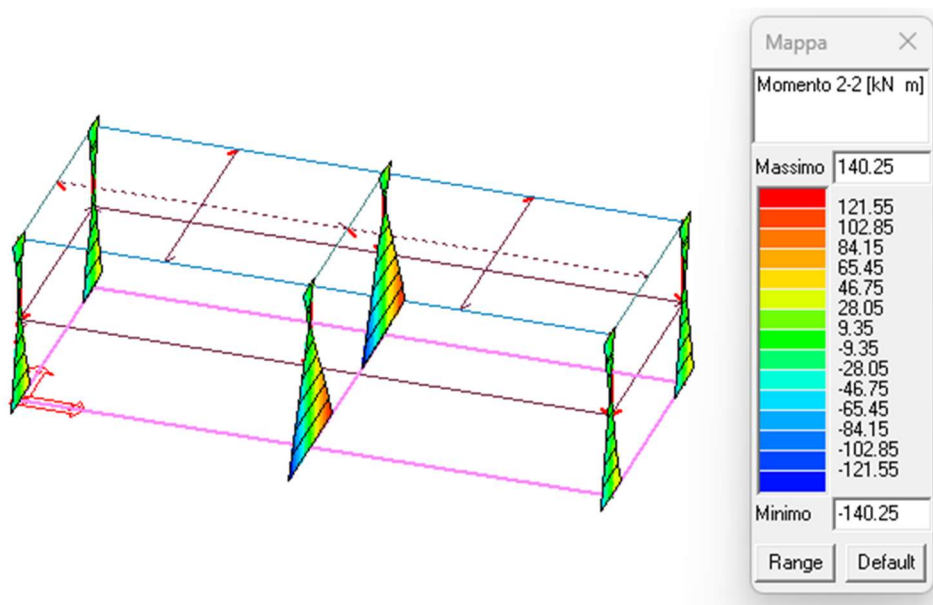


Figura 25: Distribuzione azioni flettenti M2-2.

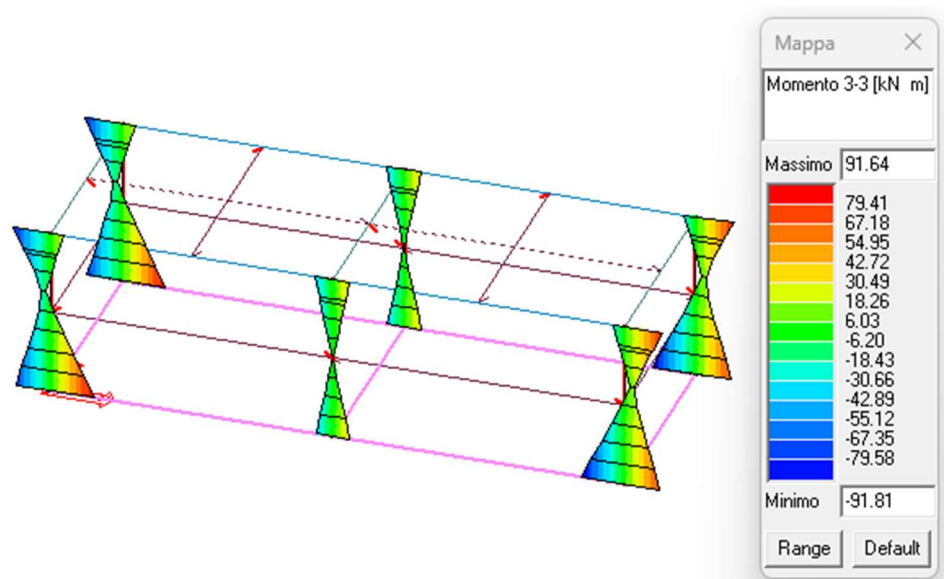


Figura 26: Distribuzione azioni flettenti M3-3.

Mappa cromatica dell'involuppo delle azioni taglianti agenti sui pilastri, [kN]:

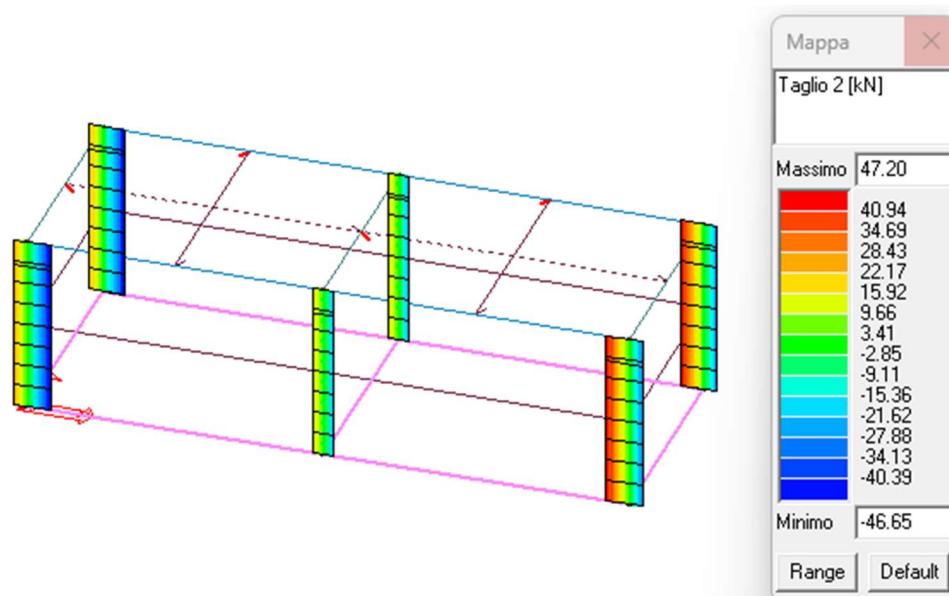


Figura 27: Distribuzione azioni taglianti T2-2.

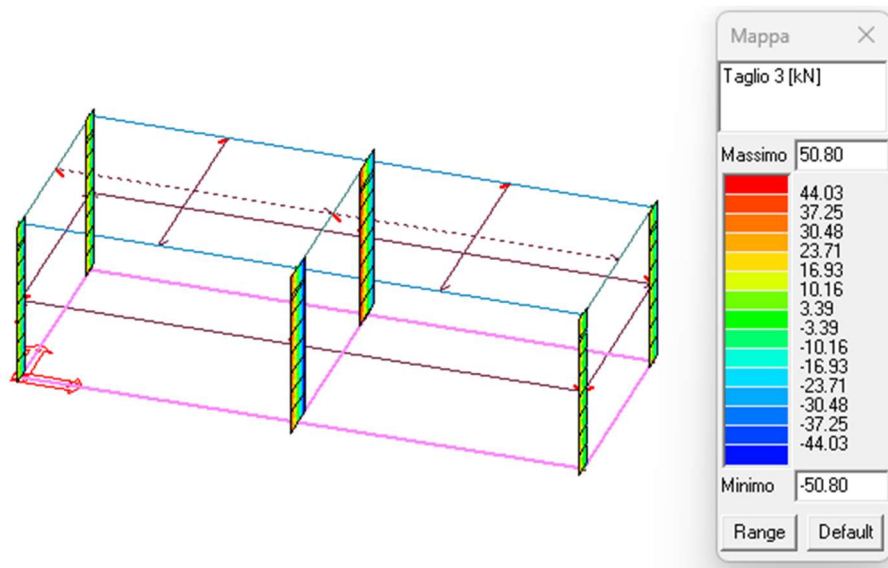


Figura 28: Distribuzione azioni taglianti T3-3.

10.2.2. Verifica di resistenza

Verifiche agli SS.LL.UU.

Mappa cromatica relativa alla verifica delle azioni flettenti N/M nei pilastri. (verifica positiva se $N/M \leq 1$):

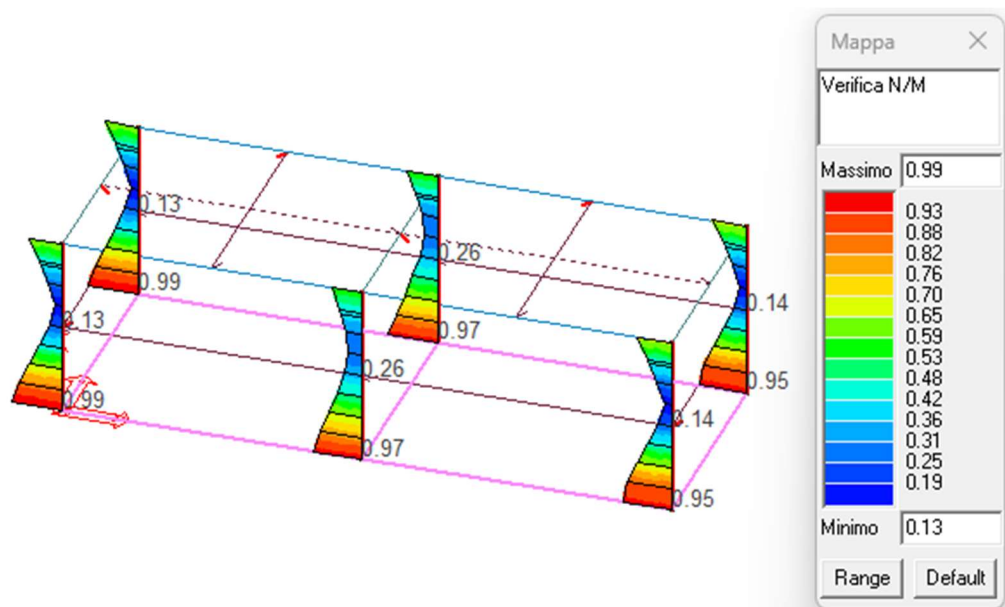


Figura 29: Verifica N/M nei pilastri.

Mappa cromatica relativa alla verifica delle azioni assiali sismiche nei pilastri. (verifica positiva se $N \leq 1$):

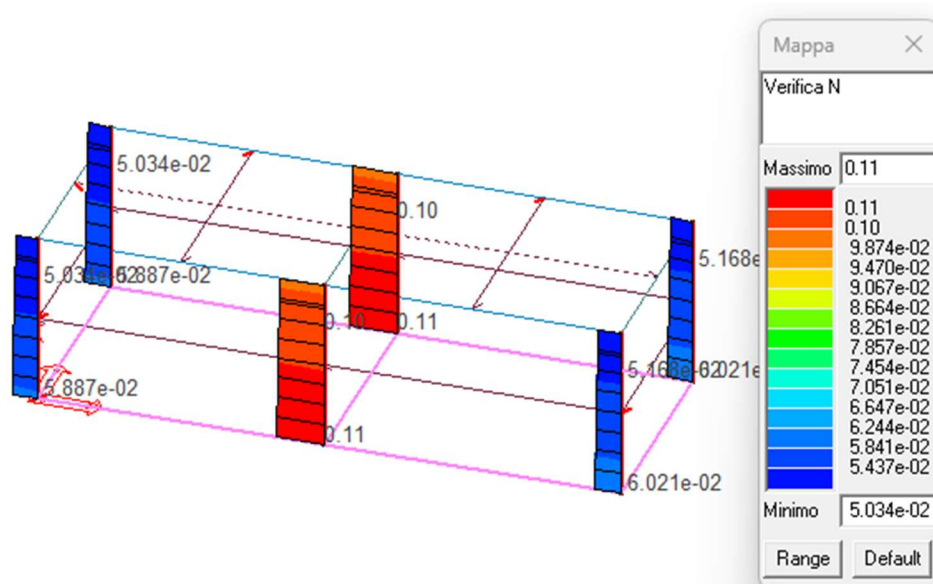


Figura 30: Verifica N sismica nei pilastri.

Mappa cromatica relativa alla verifica di stabilità nei pilastri. Riporta il rapporto tra la snellezza del pilastro e la snellezza limite, se il valore è > 1 è necessario tenere conto degli effetti del II ordine con il metodo della colonna modello (verifica positiva se < 1):

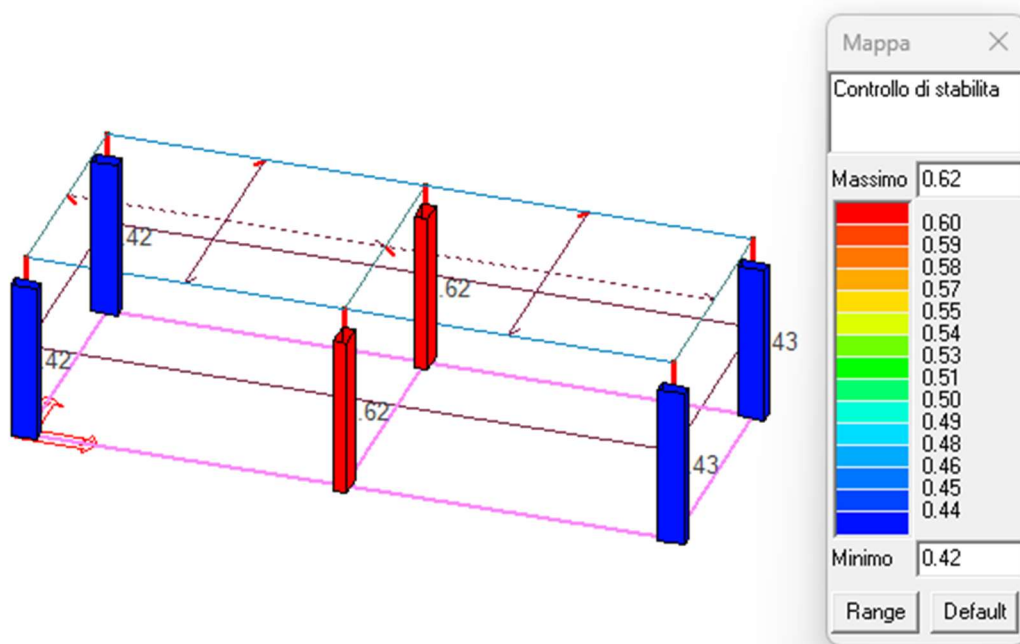


Figura 31: Verifica di stabilità nei pilastri.

Mappa cromatica relativa alla verifica delle azioni taglianti V/T nei pilastri. (verifica positiva se $V/T \leq 1$):

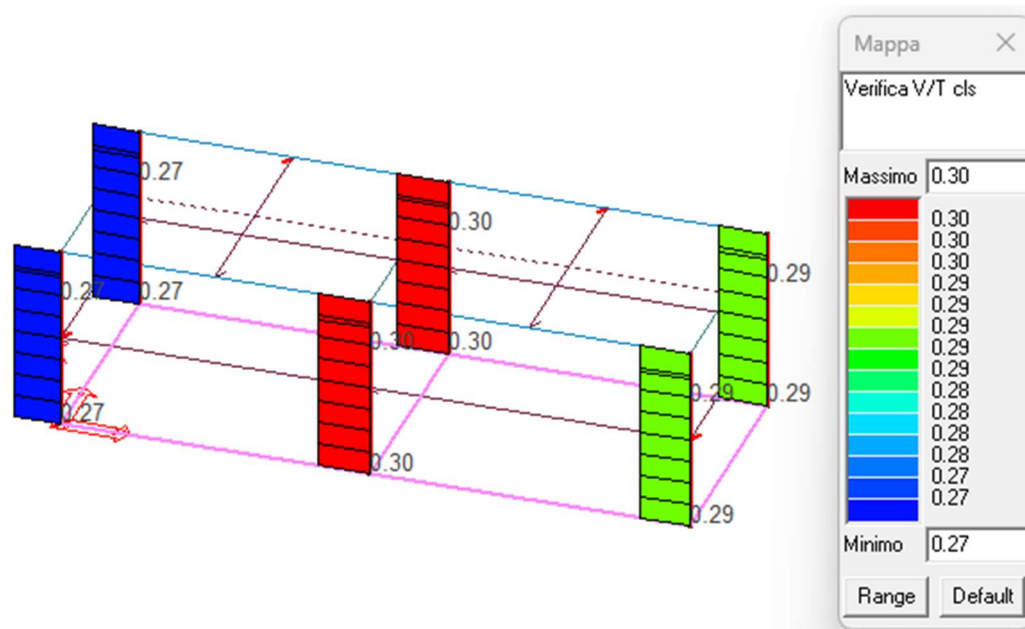


Figura 32: Verifica a taglio torsione a lato cls nei pilastri.

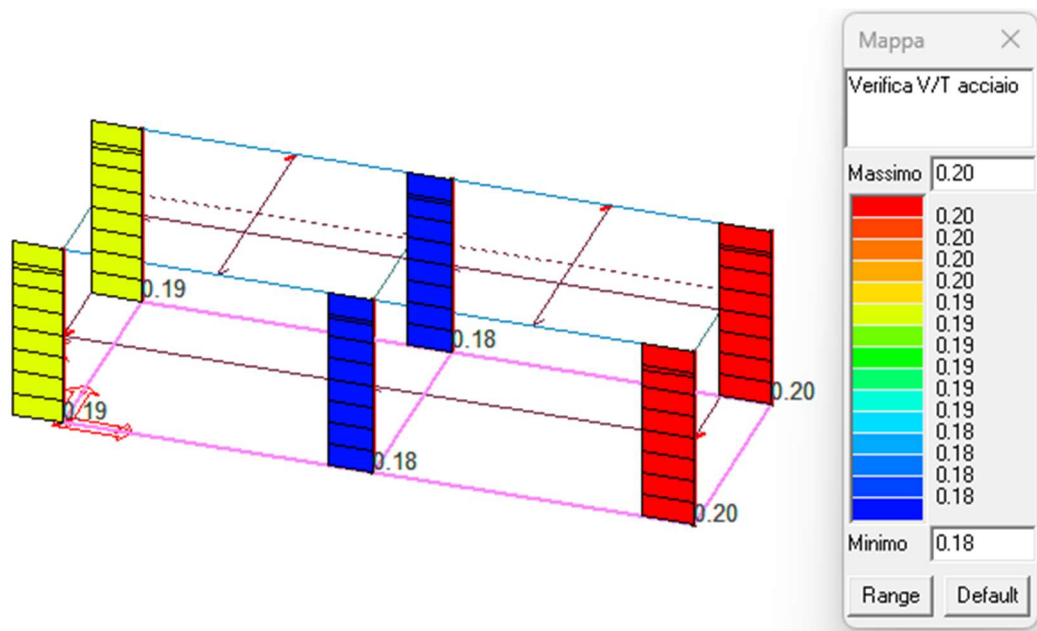


Figura 33: Verifica a taglio torsione a lato acciaio nei pilastri.

Verifiche agli SS.LL.EE.

Mappe cromatiche involucro verifiche tensioni max cls agli SS.LL.EE. in combinazione rara (≤ 1 per verifica positiva):

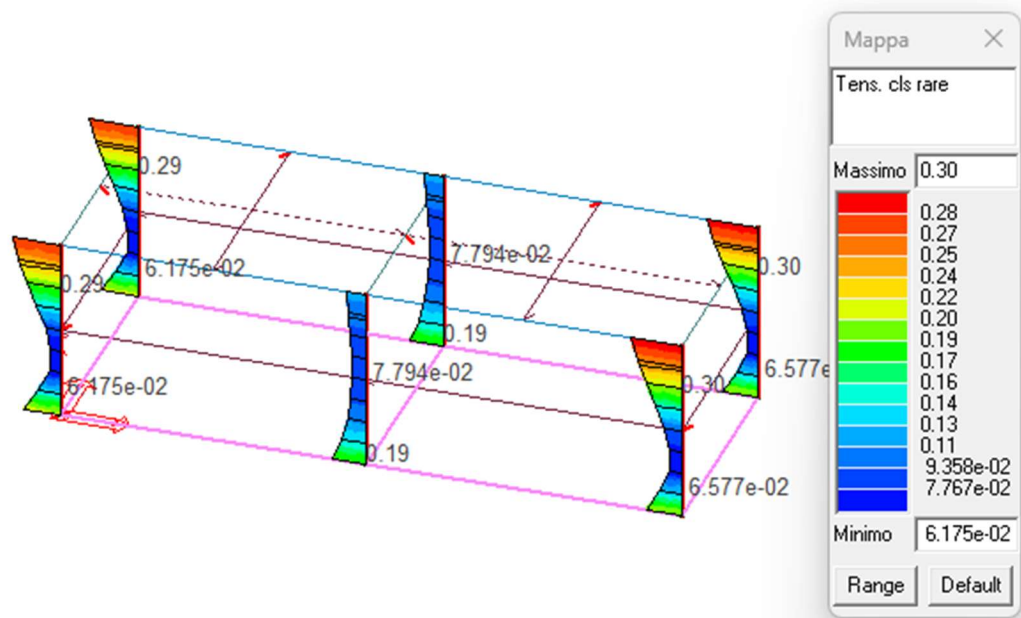


Figura 34: Verifica delle tensioni rare nel cls dei pilastri.

Mappe cromatiche involucro verifiche tensioni max nell'acciaio agli SS.LL.EE. in combinazione rara (≤ 1 per verifica positiva):

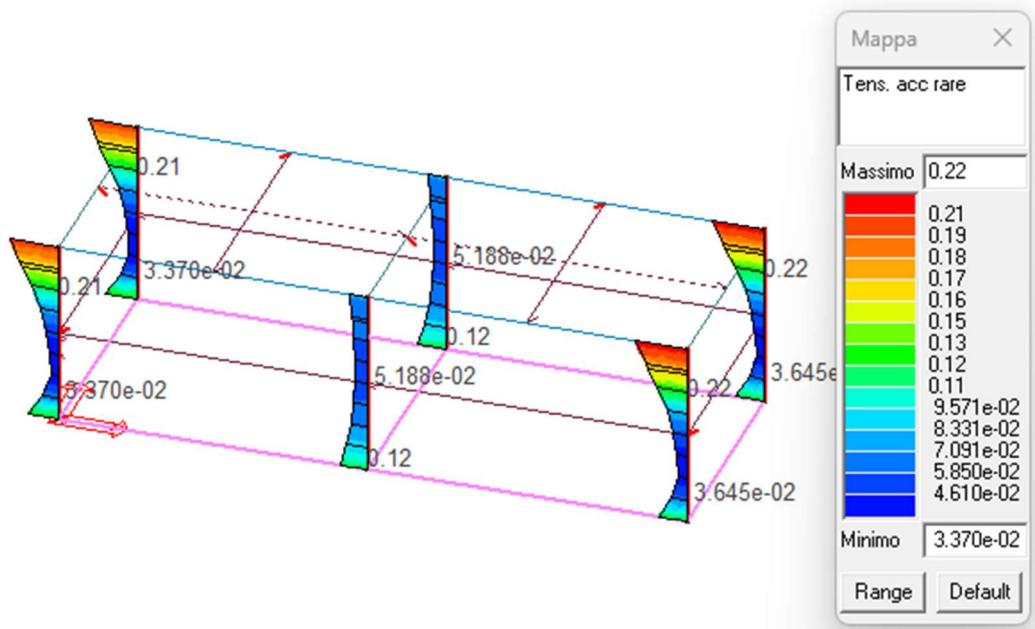


Figura 35: Verifica delle tensioni rare nell'acciaio dei pilastri.

L'involuppo degli spostamenti massimi e minimi dei nodi di controllo utilizzati come riferimento per la verifica a drift interpiano all' S.L.D.

Nel seguente estratto normativo (paragrafo 7.3.6.1 delle NTC18) viene riportato il limite massimo di drift interpiano.

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r \leq 0,0050 \cdot h \quad \text{per tamponature fragili} \quad [7.3.11a]$$

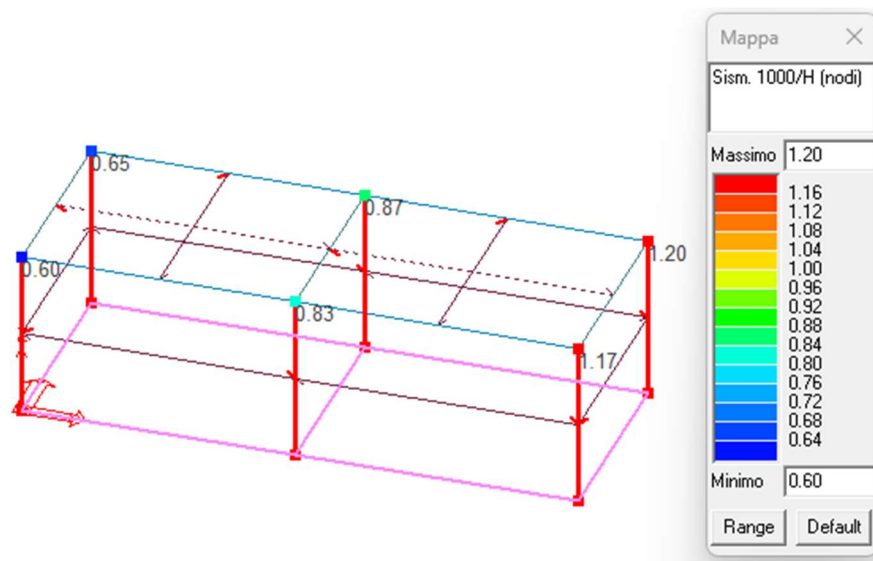


Figura 36: Drift interpiano.

$$Drift = 1.20 \cdot \frac{365}{1000} = 0.438cm < 0.005 \cdot 365 = 1.825cm$$

10.3. Travi

10.3.1. Azioni sollecitanti travi in c.a. (SS.LL.UU.)

Dall'analisi numerica della struttura eseguita con il programma agli elementi finiti "Pro_SAP" in funzione sia delle singole rigidezze degli elementi che costituiscono il modello, sia dei carichi sollecitanti, si riportano di seguito la azioni agenti sui setti di irrigidimento.

Mappa cromatica dell'involuppo delle azioni flettenti agenti sulle travi, [KNm]:

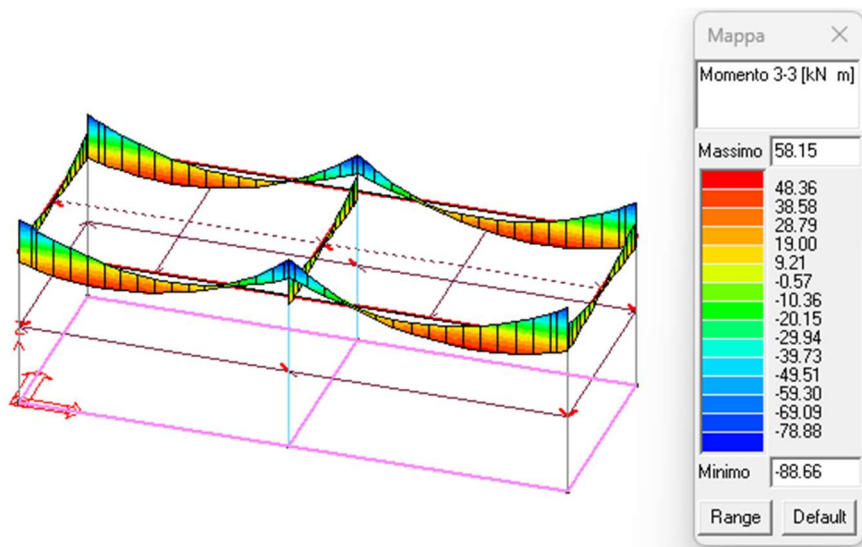


Figura 37: Distribuzione azioni flettenti M3-3.

Mappa cromatica dell'involuppo delle azioni taglianti agenti sulle travi [kN]:

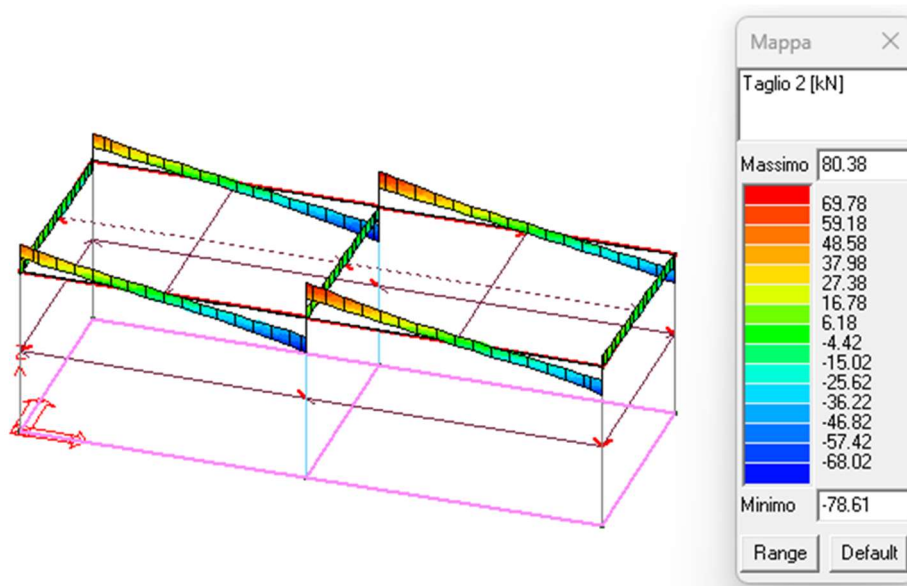


Figura 38: Distribuzione azioni taglianti T2-2.

10.3.2. Verifica di resistenza travi in c.a.

Verifiche agli S.S.LL.UU.

Mappa cromatica relativa alla verifica delle azioni flettenti N/M nelle travi. (verifica positiva se $N/M \leq 1$):

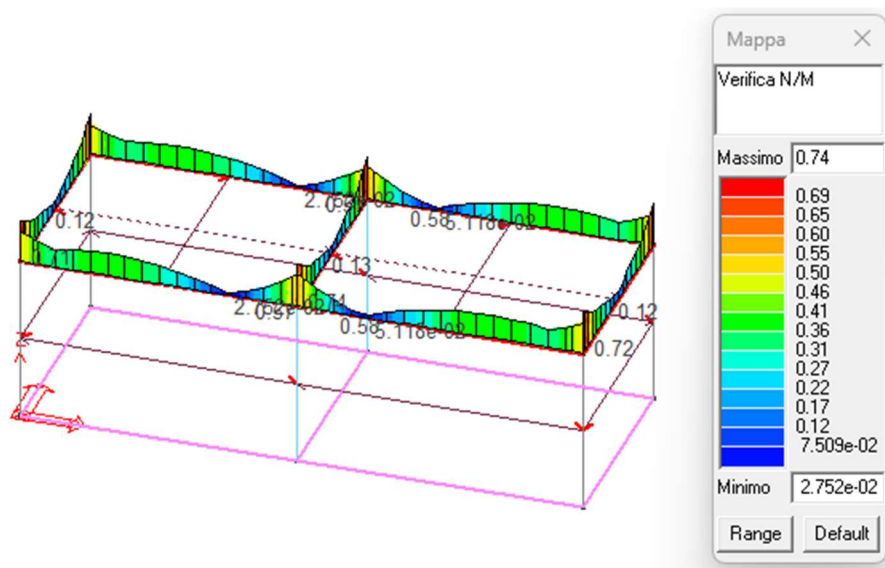


Figura 39: Verifica N/M travi in c.a..

Mappa cromatica relativa alla verifica delle azioni taglianti V/T nelle travi. (verifica positiva se $V/T \leq 1$):

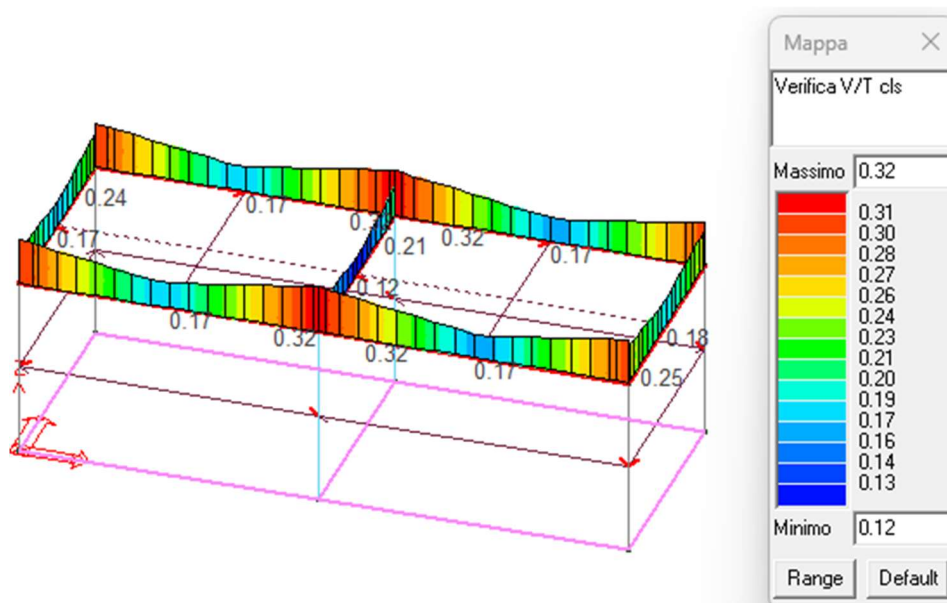


Figura 40: Verifica a taglio torsione a lato cls travi in c.a..

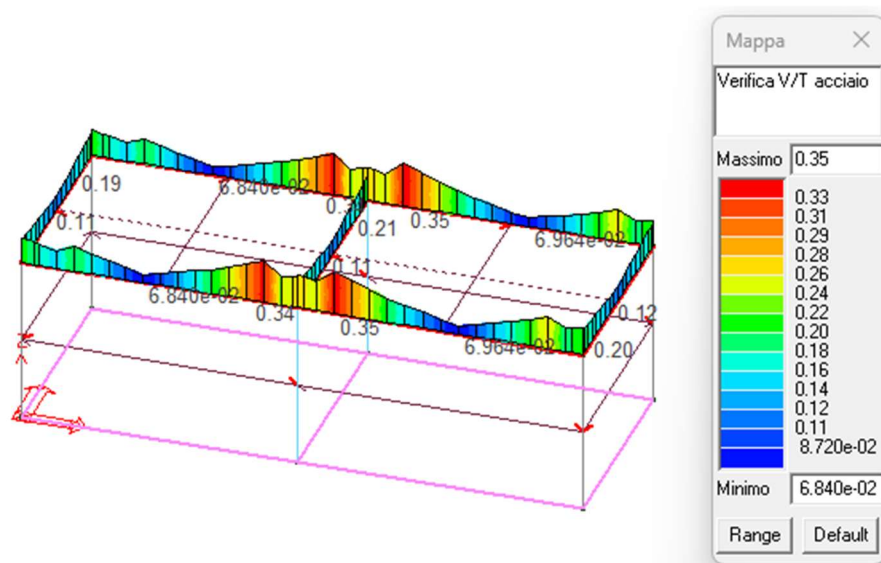


Figura 41: Verifica a taglio torsione a lato acciaio travi c.a..

Verifiche agli SS.LL.EE.

L'ampiezza delle fessure soddisfa i requisiti di normativa riportati al cap 4.1.2.2.4.4

$w_1=0.20$; $w_2=0.30$;

Tab. 4.1.IV - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile Stato limite	w_k	Poco sensibile Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

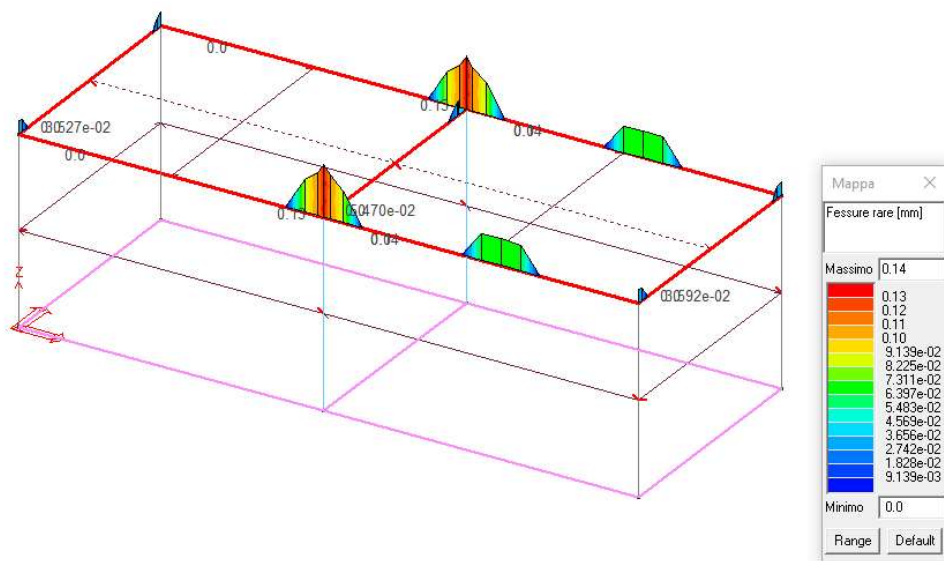


Figura 42: Fessure nel cls.

Mappe cromatiche involuppo verifiche tensioni max cls agli SS.LL.EE. in combinazione rara (≤ 1 per verifica positiva):

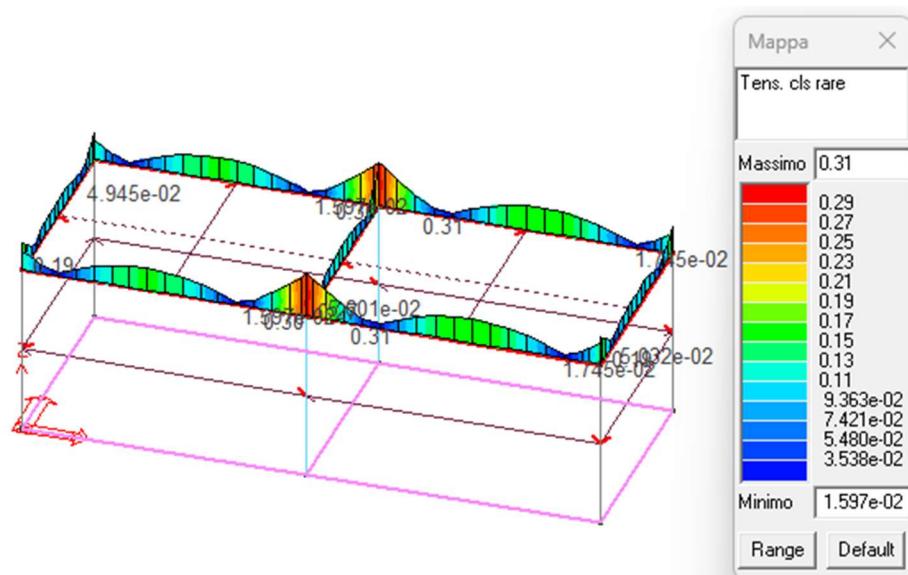


Figura 43: Verifica delle tensioni rare lato cls.

Mappe cromatiche involucro verifiche tensioni max nell'acciaio agli SS.LL.EE. in combinazione rara (≤ 1 per verifica positiva):

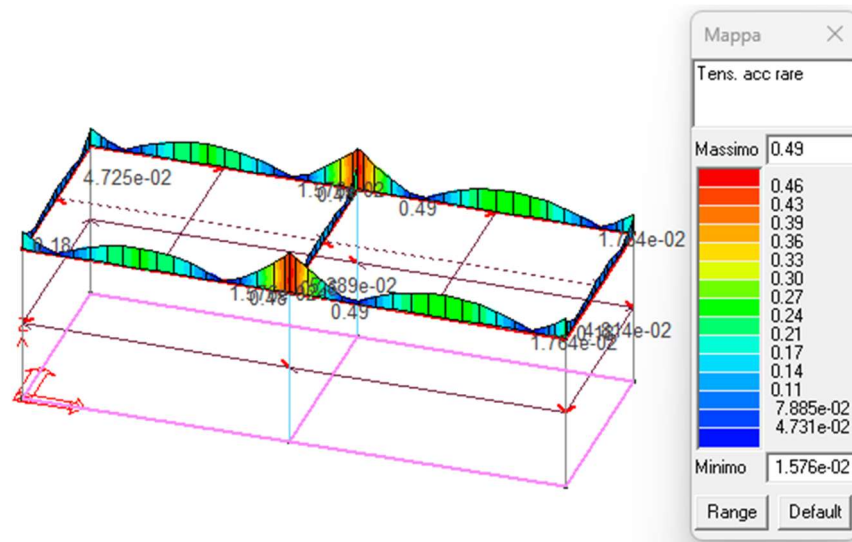


Figura 44: Verifica delle tensioni rare lato acciaio.

Vengono ora mostrate le mappe cromatiche relative alla freccia delle travi in c.a.:

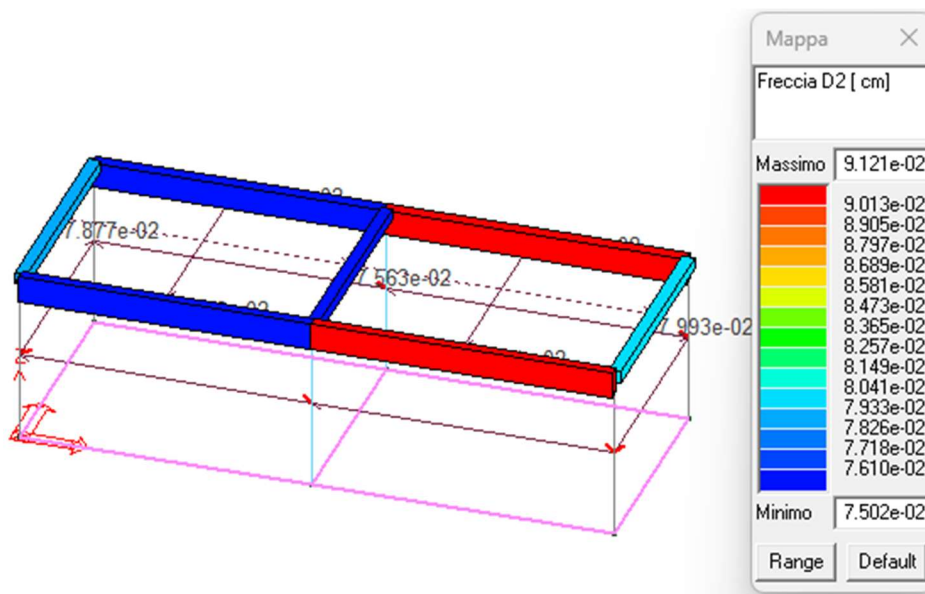


Figura 45: Mappa cromatica frecce travi in c.a. combinazione rara.

Il controllo dell'abbassamento viene confrontato con i limiti normativi presenti nella tabella 4.4.XII delle NTC 18:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{200} = \frac{617.5 \text{ cm}}{200} = 3.0875 \text{ cm}$$

La freccia della trave rispetta il limite perciò la verifica risulta soddisfatta.

10.4. Solaio

10.4.1. Laterocemento 20+5

I solai sono caratterizzati da un'altezza strutturale di 20+5cm

In prima analisi è viene calcolato il carico agente sui solai applicando la combinazione allo S.L.U.

$$Q = \gamma_{G1} * G1 + \gamma_{G2} * G2 + \gamma_{qk} * Q_{kmanutenz} + \gamma_{qk} * Q_{kneve} \psi_{02} = 907 daN/m^2$$

Dopodiché viene derivato il carico agente su ogni travetto moltiplicandolo per il relativo interasse (pari a 50 cm). Si ottiene il seguente valore:

$$q_t = Q * i = 453.5 \frac{daN}{m}$$

Il momento flettente agente è definito da uno schema di trave in semi incastro

$$M_{Ed}^+ = \frac{q_t * L^2}{16}$$

Sugli appoggi viene considerato un momento negativo considerato come un'aliquota del massimo momento flettente in campata:

$$M_{Ed}^- = 0,25 * M_{Ed}^+$$

Il taglio agente è derivato dalla seguente relazione:

$$V_{Ed} = \frac{1}{2} * q_t * L$$

Il dimensionamento delle armature è effettuato in funzione delle sollecitazioni agenti seguendo uno schema di calcolo allo SLU.

Come armatura aggiuntiva oltre al travetto tralicciato si è previsto l'inserimento di 1 Φ 16 a travetto al lembo inferiore e una rete Φ 8/20x20cm nella cappa collaborante di spessore 5cm.

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: _____

N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	50	5
2	12	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,01	3
2	2,01	22

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN

M_{xEd} 0 0 kNm

M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C25/30

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰

f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰

E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 14,17

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8

ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75

σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6

τ_{c1} 1,829

M_{xRd} 17,43 kN m

σ_c -14,17 N/mm²

σ_s 391,3 N/mm²

ε_c 3,5 ‰

ε_s 35,18 ‰

d 22 cm

x 1,991 x/d 0,09048

δ 0,7

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.-

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Figura 46: Calcolo resistenza flessionale travetto

La capacità a taglio è stata calcolata mediante la relazione [4.1.2.3] presente all'interno del capitolo 4 paragrafo 4.1.2.3.5.1 delle NTC 18. La resistenza ottenuta è da intendersi quella del singolo travetto.

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w d \right\} \quad [4.1.23]$$

con

f_{ck} espresso in MPa

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

ρ₁ = A_{sl} / (b_w · d) è il rapporto geometrico di armatura longitudinale tesa (≤ 0,02) che si estende per non meno di (l_{bd} + d) oltre la sezione considerata, dove l_{bd} è la lunghezza di ancoraggio;

σ_{cp} = N_{Ed} / A_c [MPa] è la tensione media di compressione nella sezione (≤ 0,2 f_{cd});

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

Vengono riportati i risultati ottenuti nelle seguenti tabella riassuntive:

SOLAIO	L	Med,+	Med,-+	Ved	As+	As-	Mrd+	Mrd-
[-]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[-]	[-]	[kNm]	[kNm]
S01	4,65	6,13	1,53	10,02	1φ12	1φ08	17,43	8,23
S02	4,65	6,13	1,53	10,54	1φ12	1φ08	17,43	8,23

SOLAIO	k	ρ	Vrd	Vrd	Vrd
[-]	[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN]
S01	1,894	0,008	4,060	15,715	15,715
S02	1,894	0,004	3,223	15,715	15,715

Le verifiche risultano soddisfatte in tutti gli orizzontamenti in quanto $M_{Rd} > M_{Ed}$ e $V_{Rd} > V_{Ed}$.

11. CONSIDERAZIONI FINALI

È stato verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio.

Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto le azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili, dalle azioni termiche e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dal DM2018 per le prestazioni di SLU ed SLE. In particolare per le azioni sismiche si sono considerate le azioni derivanti dallo spettro di progetto ridotto del fattore q e le eccentricità accidentali pari al 5%. Inoltre le azioni sismiche sono state combinate spazialmente sommando al sisma della direzione analizzata il 30% delle azioni derivanti dal sisma ortogonale

Da quanto esposto e dall'analisi critica dei risultati delle elaborazioni svolte risulta possibile asserire che la struttura risulta correttamente dimensionata; tutte le verifiche previste dalla normativa vigente risultano soddisfatte.

Le membrature sono state modellate con l'ausilio di un codice di calcolo agli elementi finiti commerciale.

11.1. Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati. Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

11.2. Prestazioni attese al collaudo

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle azioni pari a quelle di esercizio.

11.3. Controlli di accettazione, prove in corso d'opera e di collaudo

I controlli di accettazione, in corso d'opera e le prove di collaudo devono essere eseguite in conformità a quanto previsti dalle NTC2018 con specifico riferimento ai parr.: 11.1, 11.2 e 11.3.