UNIVERSITÀ degli STUDI di CATANIA

**A**rea della **P**rogettazione, dello **S**viluppo **E**dilizio e della **Ma**nutenzione

| Denominazione progetto | Progetto N° |
|---|---|
| Accordo quadro per interventi manutentivi vari presso il patrimonio immobiliare di Ateneo - Contratto applicativo per l'intervento di "*Ristrutturazione e ampliamento di due laboratori presso l'Edificio Bioscientifico (B8)*" | **09-24** |

*Coordinamento della progettazione:*
ing. A.G. Nigro

Antonio Giuseppe Nigro 26.09.2024 13:34:04 GMT+02:00

*visto il R.U.P.:*
dott. geol. S. Maugeri

SALVATORE MAUGERI 26.09.2024 13:59:16 GMT+02:00

*visto il Coordinatore A.P.S.E.Ma.:*
ing. A. Pappalardo

*PROGETTISTI:*

*Aspetti strutturali:*
ing. A.G. Nigro

*Coordinatore sicurezza in fase di progettazione:*
ing. S. Pulvirenti

*Aspetti edili /tecnico ammin.:*
ing. G.L. Iacona

*Aspetti edili:*
arch. E. Porto

*Aspetti geologici:*
geol. S. Maugeri

| **PROGETTO ESECUTIVO** | **Progetto delle strutture** | |
|---|---|---|
| Titolo elaborato | Documento / Tavola N° | Scala |
| **RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO** | **ST_01** | |
| | Data | Revisione |
| | Settembre 2024 | 0 |

Nome file: 09-24_ST_01_relaz. di calcolo_0.docx

Tabella revisioni

| Rev. | Data | Descrizione | Redatto |
|---|---|---|---|
| 0 | Settembre 2024 | Emissione progetto esecutivo | Ing. A.G. Nigro |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |

**Indice**

**1. Premessa** **pag. 3**

**2. Descrizione strutturale dell'edificio oggetto di intervento** **pag. 4**

**3. Riferimenti normativi** **pag. 5**

**4. Parametri sismici da adottare nel calcolo** **pag. 5**

**5. Materiali utilizzati** **pag. 6**
5.1 Conglomerato cementizio pag. 6
5.2 Acciaio per c.a. pag. 7
5.3 Acciaio da carpenteria pag. 7
5.4 Bulloneria pag. 7
5.5 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche pag. 8

**6. Interventi di progetto previsti** **pag. 8**

**7. Analisi dei carichi** **pag. 9**

**8. Analisi strutturale, verifiche e risultati del calcolo** **pag. 10**
8.1 Azione sismica pag. 10
8.2 Stati limite e relative probabilità di superamento pag. 10
8.3 Analisi modale pag. 11
8.4 Verifica cerchiature pannelli perimetrali pag. 13
8.5 Dimensionamento giunto sismico pag. 17
8.6 Dimensionamento solaio di copertura pag. 16
8.7 Schemi grafici sollecitazioni e deformazioni delle strutture pag. 18

**9. Elaborati di progetto** **pag. 29**

# 1 Premessa

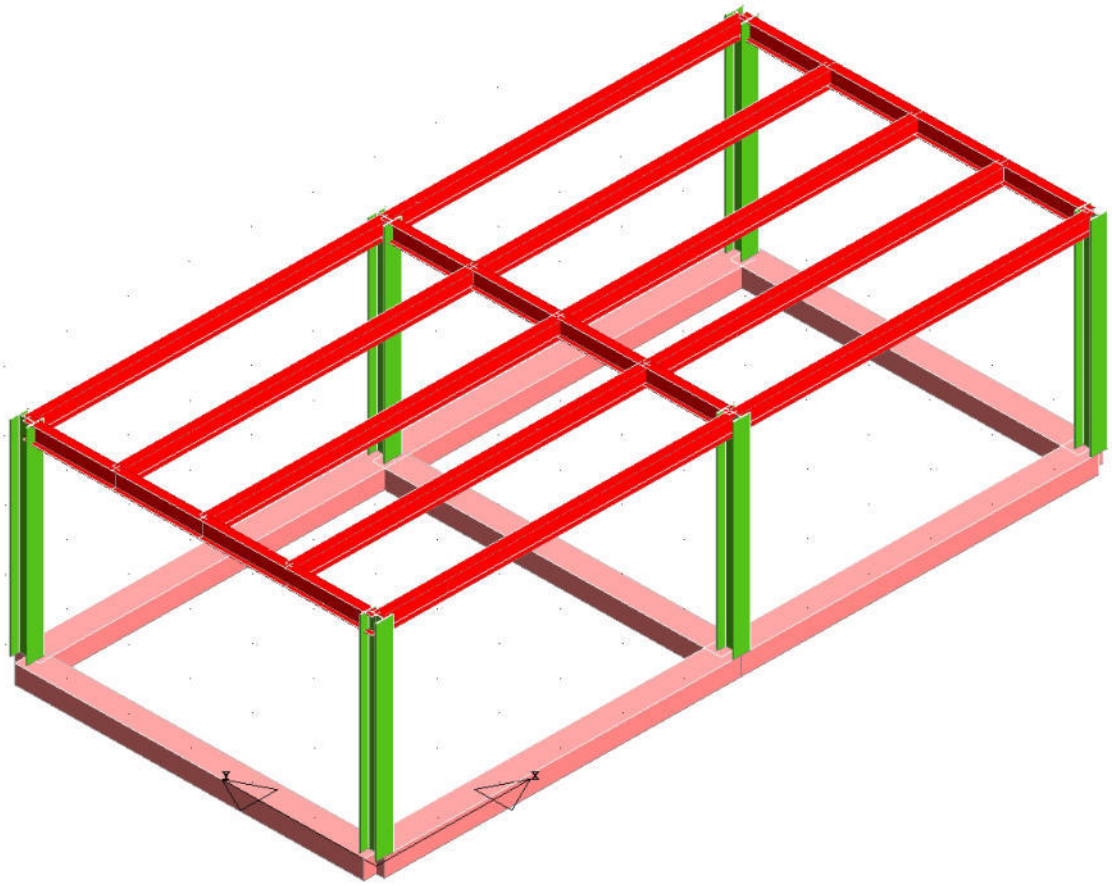
L'iniziativa edilizia in oggetto si riferisce al progetto di una struttura in acciaio da adibire a laboratorio di ricerca, da realizzare in due esemplari sostanzialmente identici (laboratori A e B), all'interno del Dipartimento Bioscientifico dell'Università degli Studi di Catania, situato in via S. Sofia.

Oggetto della presente relazione, stante l'attuale livello esecutivo della progettazione, è la descrizione del modello di calcolo utilizzato e dei risultati del calcolo strutturale.

Si riporta di seguito la fotografia del sito dove si prevede la collocazione di una delle nuove strutture in progetto.

## 2 Descrizione strutturale dell'opera in progetto

La nuova struttura in progetto possiede forma rettangolare, ad una elevazione fuori terra, di dimensioni in pianta di circa 12,50 x 6 m (nel caso del laboratorio B, la dimensione maggiore si riduce a 11,50 m; tutte le rimanenti dimensioni si mantengono uguali), per un'altezza di circa 3,30 m dal piano di calpestio; la strutta portante è costituita da profilati in acciaio; nella fattispecie, per le colonne si adottano profili HEB280, mentre per le travi si adottano profili IPE270; l'impalcato di copertura superiore (non calpestabile se non per manutenzione) è costituito da un solaio in lamiera grecata e cls ed è tessuto trasversalmente su travi tipo IPE270 disposte con un interasse di circa 120 cm; la struttura di fondazione è costituita da travi a sezione rettangolare di sezione 40x30 cm; i collegamenti tra gli elementi portanti si prevedono bullonati e le relative verifiche dei collegamenti in progetto sono riportate nel fascicolo dei tabulati di calcolo; si riporta lo schema del modello di calcolo adottato:



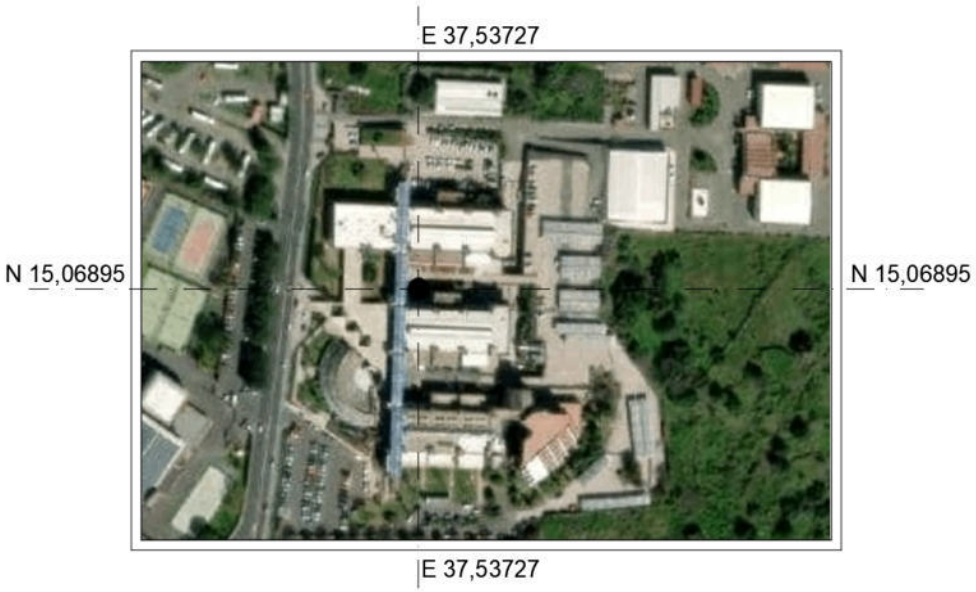
## 3 Riferimenti normativi

- *Legge quadro 5 novembre 1971 n° 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".*
- *D.M. 17/01/2018* "Norme tecniche per le costruzioni";
- *Circolare esplicativa n.7 del 21/01/2019, C.S.LL.PP.* "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (pubblicato sulla GU n.35 del 11-2-2019 – Suppl. Ordinario n. 5);

## 4 Parametri sismici da adottare nel calcolo strutturale

Relativamente ai parametri sismici fissati nel presente calcolo, in accordo a quanto richiesto dal capitolo 2 della vigente normativa, si specificano nel seguito i valori adottati:

**Inquadramento topografico del sito**




**Corografia della zona interessata con l'indicazione della zona di collocazione delle nuove strutture**

**Caratteristiche del sito**

- Zona sismica 2;
- Longitudine Est: 15,06895;
- Latitudine Nord: 37,53727;
- Categoria suolo: B;
- Coefficiente topografico: 1;
- Altitudine s.l.m.: 195 m;

**Vita nominale**

- Classe 2: opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali, Vn>= 50 anni;

**Classi d'uso e periodo di riferimento per l'azione sismica**

- Classe III: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi;
- Periodo di riferimento: Vr=Vn*1,50= 75 anni;

**Parametri di pericolosità sismica del sito (per strutture in classe d'uso III):**

| Stato Limite | $T_r$ [anni] | $a_g$ [g] | $F_0$ | $T_c^*$ [sec] |
|---|---|---|---|---|
| Operatività | 45 | 0.085 | 2.550 | 2.550 |
| Danno | 75 | 0.103 | 2.539 | 2.539 |
| Salvaguardia Vita | 712 | 0.248 | 2.497 | 2.497 |
| Prevenzione Collasso | 1462 | 0.336 | 2.458 | 2.458 |

Con:

$T_r$ = Tempo di ritorno dell'evento sismico di riferimento per ciascun stato limite;

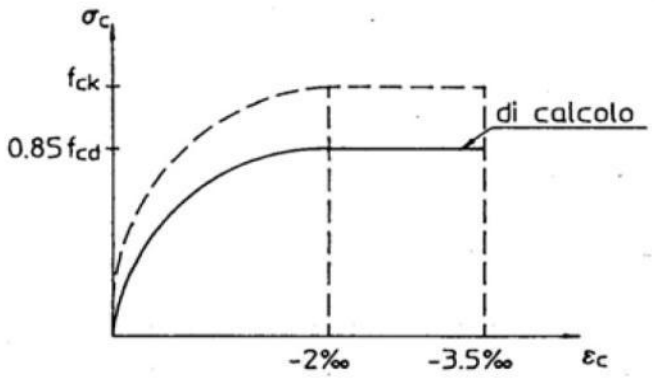
$a_g$ = Accelerazione orizzontale massima al sito (cfr. 3.2 NTC 18);

$F_0$, $T_c^*$ = Parametri spettrali determinati dalle tabelle di micro-zonazione (Allegato B delle NTC 08, vigente con la NTC 18);

# 5 Materiali utilizzati

## 5.1 Conglomerato cementizio

Di seguito sono riportati i valori nominali di calcolo per il calcestruzzo per elementi in c.a. in opera. La classe del calcestruzzo utilizzato è la **C 28/35,** superiore alla minima consentita.

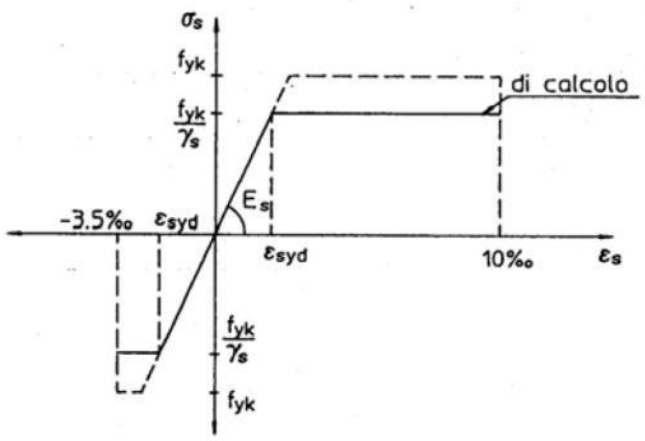



**Calcestruzzo C28/35**
Rck = 35 N/mm²
fck = 0,83 x Rck = 0,83 x 35 = 29,05 N/mm²
f'cd = fck / γm = 29,05 / 1,6 = 18,16 N/mm²
f'cd = 0,85 x f'cd = 0,85 x 18,16 = 15,43 N/mm²
fctm = 0,27 x Rck x 2/3= 0,27 x 35 x 2/3= 6,30 N/mm²
fctd = 0,7 x fctm/ γm = 0,7 x 6,30/ 1,6 = 2,76 N/mm²

$\tau_{Rd}$ = 0,25 x fctd = 0,25 x 2,76 = 0,69 N/mm²
Ec = 5700 x $\sqrt{Rck}$ = 5700 x $\sqrt{35}$ = 33'721 N/mm²

## 5.2 Acciaio per c.a.

Di seguito sono riportati i valori nominali di calcolo per l'acciaio ordinario per elementi in c.a. ($\gamma$m = 1,15) tipo **B450A** o **C** (ex Fe B 44k).




**Acciaio tipo B450A o C**
Barre d'armatura.
fyk = 450 N/mm²
fyd = fyk / $\gamma$m = 450 / 1,15 = 391 N/mm²

## 5.3 Acciaio da carpenteria (profilati e piastre)

Tipologia di acciaio da carpenteria adottato: S275J (ex Fe430)
Tensione di snervamento
fyk = 275 N/mm²
Tensione di rottura
ftk = 430 N/mm²

## 5.4 Bulloneria

Bulloni
Classe di resistenza 8.8 (UNI EN ISO 898-1:2013)
Dadi
Classe di resistenza 8 (UNI EN ISO 898-2:2012)
Rondelle
Durezza Z 100 HV (UNI EN 15048-1)

## 5.5 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Dalla relazione geologica allegata al progetto si riporta: *"Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, secondo l'approccio semplificato previsto dalle NTC 2018, in corrispondenza dei siti di progetto e anche considerando una quota di riferimento pari a quella del piano di fondazione esistente, i dati acquisiti grazie alle prova di sismica attiva MASW all'uopo eseguita, hanno permesso di determinare un valore di $V_{S,eq}$ pari a 438,00 m/s e pertanto di poter classificare il sottosuolo come appartenente alla categoria B. Facendo riferimento ai dati acquisiti nel corso delle prima citate indagini, sono stati determinati i valori caratteristici dei parametri geotecnici dei terreni, questi ultimi cautelativamente riassumibili in: peso di volume 2,0 g/cm3, angolo di attrito 35°e coesione 0,0 kPa."*

Relativamente alle condizioni topografiche, infine, il sito viene classificato come appartenente alla categoria T1, ovvero definito come *"Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <15°"*

# 6 Interventi previsti in progetto

Il progetto prevede la realizzazione di due nuove strutture, sostanzialmente uguali, da costruire in adiacenza ad edifici esistenti, al fine di allargare, con tali nuove volumetrie, ambienti già esistenti; a tal fine, poiché le nuove strutture si accostano a prospetti esterni di edifici esistenti attualmente dotati di finestre, si renderà necessario creare su tali prospetti passaggi adeguati per consentire la fruizione dei nuovi ambienti mediante apposite cerchiature in profilati di acciaio; i prospetti in questione sono costituiti da pannelli in cemento armato prefabbricato, modulari di larghezza pari a 120 cm e dotati ciascuno di foratura attualmente adibita a finestra (vedi fotografia sotto riportata); in apposito paragrafo, la presente relazione riporta la verifica ed il dimensionamento della cerchiatura prevista in progetto.

# 7 Analisi dei carichi

Dal punto di vista della individuazione dei carichi agenti sull'unico impalcato previsto in progetto (quello di copertura), si adotta la categoria H della tabella 3.1.II della NTC 18; il carico del solaio di copertura viene trasmesso alle travi perimetrali dalle travi applicato alla struttura portante attraverso il solaio; le combinazioni di carico si possono determinare secondo le seguenti formule da normativa:

- Combinazione fondamentale (statica) impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
  $\gamma g1 \times G1 + \gamma g2 \times G2 + \gamma p \times P + \gamma q1 \times Qk1 + \gamma q2 \times \psi 02 \times Qk2 + \gamma q3 \times \psi 03 \times Qk3 + ..$
- Combinazione sismica impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:
  $E + G1 + G2 + P + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \ldots$

dove i simboli utilizzati hanno, nel presente caso, i seguenti significati e valori:

| **Coefficienti parziali di sicurezza** (paragrafo 2.6.1 Normativa) | | Coefficiente | EQU | A1 | A2 |
|---|---|---|---|---|---|
| Carichi permanenti | Favorevoli | $\gamma g1$ | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali | Favorevoli | $\gamma g2$ | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | 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 di combinazione** (Tabella 2.5.I Normativa) | $\psi 0j$ | $\psi 1j$ | $\psi 2j$ |
|---|---|---|---|
| Cat. H: copertura non accessibile | 0,7 | 0,7 | 0,6 |

I singoli carichi caratteristici da prendere in considerazione sono i seguenti:

- **Strutturale**:
  - peso proprio solaio tipo lamiera grecata-cls 2,40 kN/mq

- **Permanente**:
  - solaio terrazzo, massetto + pavimentazione: 1,50 kN/mq

- **Variabile**:
  - sovraccarico copertura non accessibile (tab.3.1.II, cat. H): 0,50 kN/mq
  - sovraccarico neve su copertura: 0,50 kN/mq

# 8 Analisi strutturale e risultati del calcolo

La struttura, consideratane la geometria, è stata considerata "regolare" sia in pianta che in altezza ed è stato adottato il tipo di analisi definito dalla normativa "dinamica modale". Considerata, inoltre, la semplicità dello schema strutturale, si è scelto di considerare un modello non dissipativo della struttura, con la conseguenza che il fattore di comportamento viene assunto pari ad 1,5 lungo entrambi le direzioni di ingresso del sisma.

I calcoli sono stati eseguiti tramite programma di calcolo automatico su modello tridimensionale delle strutture.

## 8.1 Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla cosiddetta "pericolosità sismica di base" che varia a seconda del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di **accelerazione orizzontale massima attesa ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di **ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione** ad essa corrispondente Se(T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza.
Ai fini della vigente normativa, i parametri di riferimento sono dunque i seguenti:

- ag, accelerazione orizzontale massima nel sito in oggetto;
- Fo, valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc*, periodo di inizio del tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

## 8.2 Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**: a seguito del sisma, la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, gli impianti più rilevanti, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SDO)**: a seguito del sisma, la costruzione nel suo complesso, considerata come sopra, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente le capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte degli impianti.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del sisma, la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una significativa perdita 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;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del sisma, la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali:
La tabella seguente riporta le probabilità nel periodo di riferimento individuato, cui riferirsi per determinare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati.

| Stati Limite | | Probabilità di superamento nel periodo di riferimento |
|---|---|---|
| Stati limite di esercizio | SLO | 81% |
| | SLD | 63% |
| Stati limite ultimi | SLV | 10% |
| | SLC | 5% |

I dettagli della modellazione eseguita per il calcolo, delle verifiche e dei risultati riportati, comprensivo del conseguente dimensionamento degli elementi strutturali adottati vengono riportati nella "Relazione di calcolo" allegata al progetto, unitamente al fascicolo dei "Tabulati di calcolo".

## 8.3 Analisi modale

Le analisi sono state eseguite mediante l'utilizzo dell'analisi dinamica modale; ogni struttura discretizzata ha un numero di modi propri di vibrare pari ai gradi di libertà della struttura; ogni modo di vibrare è caratterizzato da una pulsazione per cui tutte le masse del sistema vibrano in fase e quindi passano contemporaneamente attraverso il punto di massimo spostamento. Per ogni modo di vibrare, e quindi per ogni periodo, si può considerare che venga attivata una specifica quota parte della massa totale, indicata come massa efficace del modo di vibrare.

Attraverso le tecniche numeriche specifiche dell'analisi modale ed attraverso l'utilizzo dello spettro di risposta di progetto in accelerazione Sde, vengono calcolate le massime forze di inerzia specifiche per ogni modo di vibrare. Il comportamento vibrazionale effettivo della struttura contempla la compresenza di tutti i modi: pertanto, al fine del calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti, deve essere valutata una combinazione dei modi relativi alle masse messe in gioco, poiché non tutti i valori massimi vengono raggiunti contemporaneamente. Questa valutazione viene effettuata in termini statistici, per cui si considera che il valore più probabile si possa ottenere mediante una combinazione dei valori considerati.

Se le risposte dei modi di vibrare sono indipendenti, ovvero sono tali da avere periodi propri che differiscono uno dall'altro di almeno il 10%, è possibile utilizzare una combinazione quadratica semplice, altrimenti si deve utilizzare una combinazione quadratica completa.

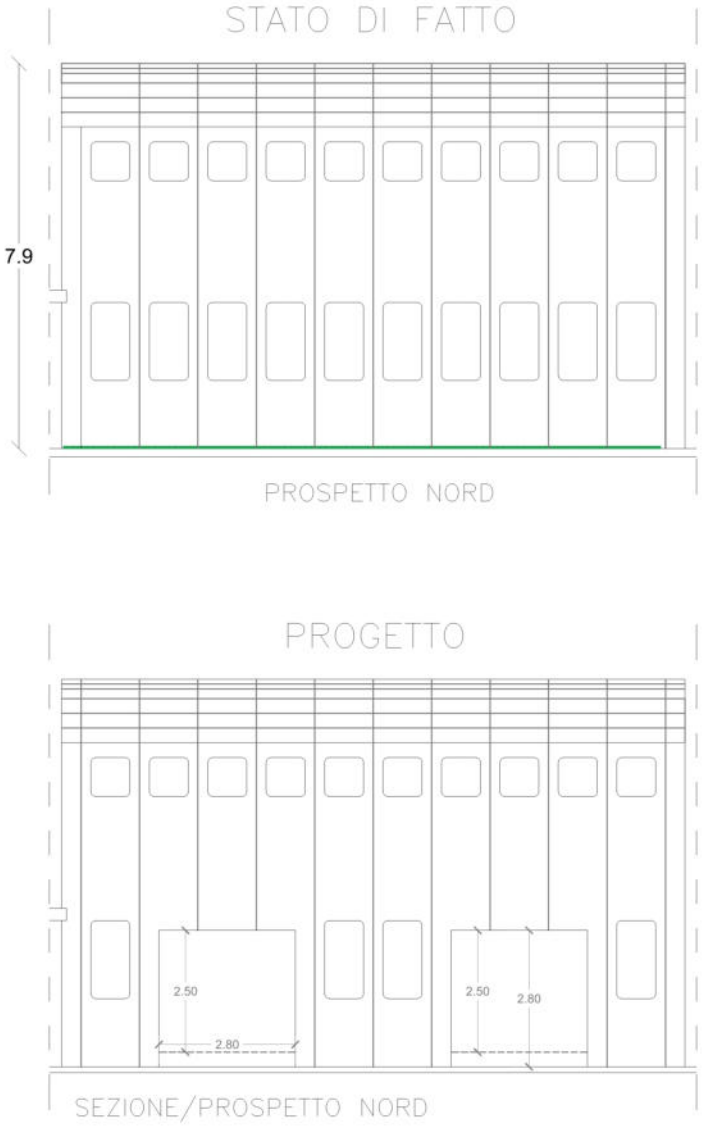
$E = (\Sigma i\, \Sigma j\, \rho i,j * \sum EiEj\,)^{½}$
dove:
E → è il valore totale della componente di risposta sismica che si sta considerando
Ei → è il valore della medesima dovuta al modo i
Ej → è il valore della medesima dovuta al modo j
$\rho i,j = (8\xi^2*(1+\beta i,j)*\beta i,j\ 3/2)/((1-\beta i,j^2)^2 +4\ \xi^2*\beta i,j*(1-\beta i,j^2))$

$\xi \rightarrow$ è il coefficiente di smorzamento equivalente
$\beta_{i,j} = \omega_i / \omega_j$ è il rapporto fra le frequenze di ciascuna coppia di modi i-j

L'analisi modale viene effettuata automaticamente dal programma di calcolo che fornisce in output i valori dei periodi propri Ti e le deformate modali; effettuata l'analisi modale, si ottengono, forniti automaticamente dal programma, associati allo spettro di risposta di progetto, i valori dei taglianti di piano. L'effetto combinato del sisma, calcolato separatamente nelle due direzioni X e Y e nei due versi positivo e negativo, si ottiene per ogni singola membratura, sommando i valori massimi ottenuti per il sisma in una direzione con il 30% dei massimi ottenuti per il sisma nella direzione ortogonale.

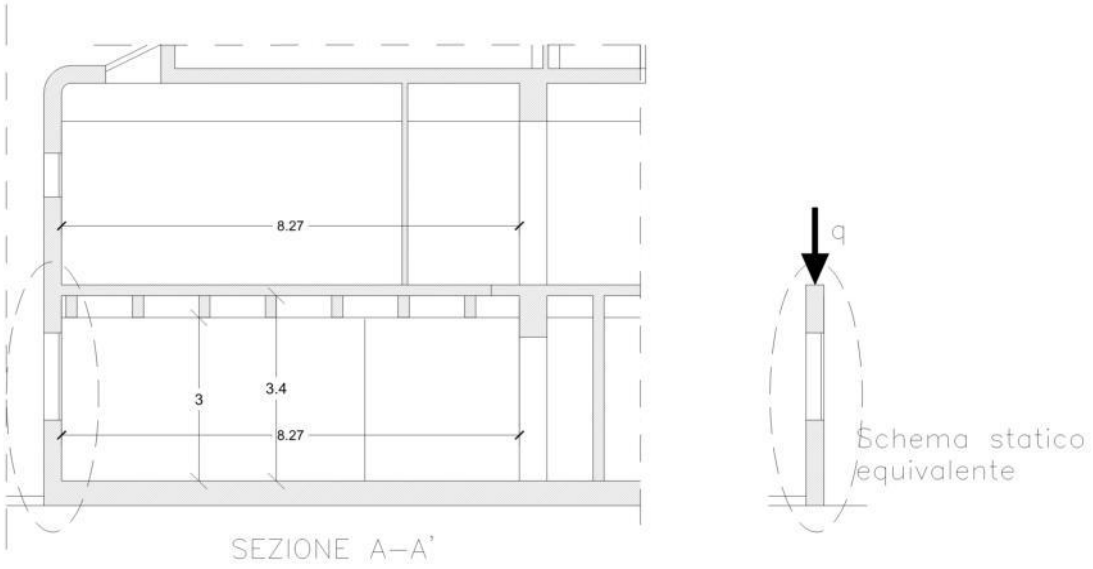
## 8.4 Verifiche delle cerchiature pannelli perimetrali

Il progetto prevede l'apertura di varchi nei pannelli perimetrali del prospetto dell'edificio esistente, ai fini di creare un passaggio funzionale tra l'edificio esistente e la nuova struttura; nella fattispecie, si prevede di allargare le aperture presenti (attualmente in numero di 10 finestre), raggruppando, sui due lati del prospetto, tre attuali moduli da 1,20 m ciascuna in un unico passaggio di larghezza utile pari a 3,20 m, al lordo dello spessore degli elementi verticali da collocare a sostegno di quanto di rimuove; nella figura sottostante si riporta il prospetto nell'attuale stato di fatto ed in quello di progetto:




Al fine di ripristinare la rigidezza e la capacità portante dei pannelli oggetto della demolizione, si prevede la realizzazione di un portale in profilati di acciaio opportunamente

dimensionato; nella fattispecie, per il dimensionamento del portale si è adottato il seguente schema statico:




Al fine di dimensionare opportunamente il portale che deve ripristinare le medesime condizioni di capacità portante degli attuali pannelli, si è schematizzato, come in figura, che sui pannelli della prima elevazione agisca un carico lineare q equivalente come di seguito determinato:

$q = q_2 + q_1 + q_p$, dove si indica con:

- $q_2$ il carico verticale trasmesso dal solaio di copertura (secondo impalcato);
- $q_1$ il carico verticale trasmesso dal solaio del primo impalcato;
- $q_p$ il carico verticale trasmesso dai pannelli della seconda elevazione;

Assumendo che:

- i due impalcati abbiano un carico dovuto ai pesi proprio e permanente di 700 kg/mq (soletta piena spessore 25 cm con massetti e pavimentazione);

- il solaio di copertura sia adibito a manutenzione (carico utile 50 kg/mq);

- il solaio del primo impalcato abbia un carico utile di 400 kg/mq, ma che, essendo tessuto nella direzione ortogonale, scarichi una percentuale non superiore al 25% del suo carico sui pannelli di prospetto;

- i due solai agiscono su una larghezza complessiva di 8,50 m circa, come quotato in figura; sui pannelli se ne considera quindi una larghezza pari a metà, ovvero pari a 4,25 m;

- i pannelli della seconda elevazione hanno spessore pari a 30 cm ed altezza pari a 4,0 m e sono costituiti da cemento armato (2'500 kg/mc);

i valori dei carichi agenti vengono così determinati:

$q_2 = (700 + 50) \times 4{,}25 = 3'200$ kg/m

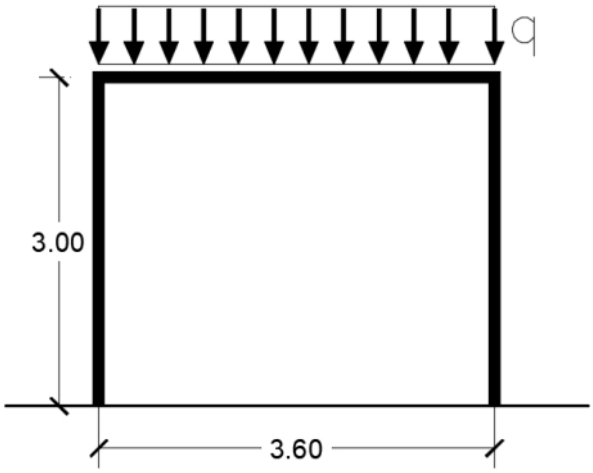
$q_1 = (700 + 400) \times 4{,}25 \times 0{,}25 = 1'200$ kg/m

$q_p$= 2'500 x 4,00 x 0,30 = 3'000 kg/m

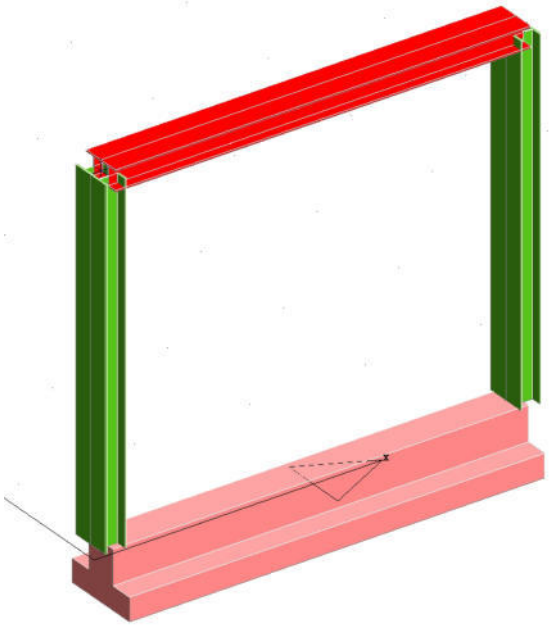
Da cui si ricava:

$q = q_2 + q_1 + q_p$= 3'200 + 1'200 + 3'000 = 7'400 kg/m

Il portale è stato quindi sottoposto al seguente schema di carico, con q= 7'400 kg/m:




Il portale è stato analizzato mediante modello ad elementi finiti di cui si riporta uno schema assonometrico:



Le risultanze del calcolo hanno condotto ad un portale costituito da un doppio profilo di tipo HEB180 sia per gli elementi verticali che per il tratto orizzontale; per i dettagli esecutivi del portale si rimanda all'elaborato grafico allegato al presente progetto.

## 8.5 Dimensionamento giunto sismico

Ai fini del dimensionamento del giunto sismico da adottare nella realizzazione della nuova struttura antistante l'edificio esistente, in misura tale da evitare problemi di martellamento tra la stessa nuova struttura e le adiacenti pareti esterne dell'edificio, il D.M. 17/01/2018 (NTC18) ai paragrafi § 7.2.1 e § 7.3.3.3 regolamenta la valutazione degli spostamenti della struttura, a partire dagli spostamenti determinati allo SLV; nel seguito si riportano, per la struttura oggetto di calcolo. il tabulato relativo agli spostamenti calcolati per mezzo del programma di calcolo CDSWin ed il conseguente dimensionamento del giunto sismico in funzione dei valori massimi riscontrati.

- **SPECIFICHE CAMPI TABELLA DI STAMPA**

Si riporta di seguito la spiegazione delle sigle usate nella tabella di stampa spostamenti S.L.U. per il controllo dei giunti sismici.

**Filo N.ro** : *Numero del filo del nodo*

**Quota (m)** : *Quota del nodo*

**Nodo3D N.ro** : *Numero del nodo spaziale*

**SpMax X (mm)** : *Componente massima in direzione X dello spostamento S.L.V. per le combinazioni sismiche, calcolate ai sensi della NTC pto 7.3.3.3*

**SpMax Y (mm)** : *Componente massima in direzione Y dello spostamento S.L.V. per le combinazioni sismiche, calcolate ai sensi della NTC pto 7.3.3.3*

**SpMax R (mm)** : *Modulo del vettore dello spostamento massimo S.L.V. per le combinazioni sismiche, calcolate ai sensi della NTC pto 7.3.3.3*

**SPOSTAMENTI S.L.V. PER GIUNTI SISMICI (NTC 7.3.3.3)**

Sisma Direzione X μd=1.91 - Direzione Y μd=2.08

| IDENTIFICATIVO | | | SPOSTAMENTI S.L.U. | | | IDENTIFICATIVO | | | SPOSTAMENTI S.L.U. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Filo N.ro | Quota (m) | Nodo3D N.ro | SpMax X (mm) | SpMax Y (mm) | SpMax R (mm) | Filo N.ro | Quota (m) | Nodo3D N.ro | SpMax X (mm) | SpMax Y (mm) | SpMax R (mm) |
| 1 | 3,30 | 7 | 17,90 | 15,07 | 18,63 | 2 | 3,30 | 8 | 17,90 | 13,33 | 18,35 |
| 3 | 3,30 | 9 | 17,90 | 15,07 | 18,63 | 7 | 3,30 | 10 | 17,88 | 15,07 | 18,60 |
| 8 | 3,30 | 11 | 17,88 | 13,33 | 18,32 | 9 | 3,30 | 12 | 17,88 | 15,07 | 18,60 |
| 10 | 3,30 | 13 | 17,62 | 15,07 | 18,36 | 4 | 3,30 | 14 | 17,34 | 15,07 | 18,09 |
| 13 | 3,30 | 15 | 17,60 | 15,07 | 18,33 | 11 | 3,30 | 16 | 17,62 | 13,33 | 18,07 |
| 5 | 3,30 | 17 | 17,34 | 13,33 | 17,80 | 14 | 3,30 | 18 | 17,60 | 13,33 | 18,05 |
| 12 | 3,30 | 19 | 17,62 | 15,07 | 18,36 | 6 | 3,30 | 20 | 17,34 | 15,07 | 18,09 |
| 15 | 3,30 | 21 | 17,60 | 15,07 | 18,33 | | | | | | |

Dai tabulati sopra riportati si rileva che lo spostamento massimo, misurato alla quota di possibile interferenza con l'edificio esistente, risulta essere quello del nodo n. 1, alla quota di 3,30 m, pari a 18,63 mm.

Inoltre, ai sensi di quanto prescritto dal par. 7.2.1 delle NTC 2018; la distanza tra due punti di costruzioni che si fronteggiano non può essere inferiore a 1/100 della quota a cui si trovano, moltiplicata per 2 x $a_g/g$; nell'attuale caso, considerando la quota di 3,30 m e, in favore di sicurezza, il valore di $a_g/g$ nella condizione di SLC (vedi tabella del par. 4 della relazione generale di calcolo) pari a 0,336, tale distanza si determina pari a:

$$s= 2 \times 0{,}336 \times 3300/100 \text{ mm}= 22{,}18 \text{ mm},$$

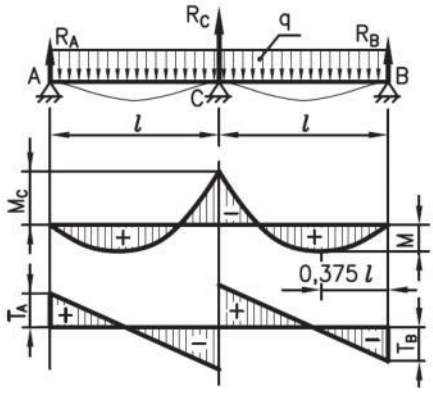
inferiore al doppio del valore determinato dai tabulati di calcolo sopra riportati.

Adottando quindi, in favore di sicurezza, il valore di 18,63x2= 37,26 mm quale distanza minima tra le due costruzioni e per ulteriore cautela si adotta un giunto sismico non inferiore a **50 mm**.

## 8.6 Dimensionamento del solaio di copertura

Considerando i carichi specificati nel paragrafo 7 e la effettiva disposizione dei campi di solaio di copertura, assimilabile per comodità di calcolo allo schema di travi appoggiate su tre appoggi di cui allo schema statico sottostante, si posso ricavare i seguenti valori di sollecitazione:

- Trave su tre appoggi simmetrici e con carico uniformemente distribuito




$$R_A = R_B = \frac{3}{8} \cdot q \cdot l; \quad R_C = \frac{5}{4} \cdot q \cdot l$$

$$T_A = R_A; \quad T_B = -R_B$$

$$M = \frac{9}{128} \cdot q \cdot l^2$$

$$M_C = -\frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2$$

l = 1,40 m

q= (240+ 150+ 50 +50) x 1,00 = 490 kg/m

$M_C$= -120 kgxm

Adottando come prodotto di riferimento il solaio in lamiera grecata tipo SOLAC75, si riporta la tabella che mette in relazione lo spessore del travetto con le luci ed i momenti massimi agenti:

Solac ® 75

| Caratteristiche geometriche e statiche | | | | | Carichi netti in Kg/m² | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SOLETTA - 4,5 cm. Ht = 12 cm. | | | | condizioni di carico | altezza cm | spessore mm | peso Kg/m² | ℓ luci in m | | | | | | | | |
| spessore mm | X cm | J cm⁴/m | W cm³/m | Me kg cm/m | | | | | 1,50 | 1,75 | 2,00 | 2,25 | 2,50 | 2,75 | 3,00 | 3,25 | 3,50 | 3,75 | 4,00 |
| 0,6 | 8,41 | 359 | 42,66 | 59728 | | SOLETTA 4,5 cm. Ht = 12 cm. | 0,6 | 170 | 1953 | 1390 | 1024 | 774 | 594 | 462 | 361 | 282 | 220 | 170 | 128 |
| 0,7 | 8,23 | 401 | 48,77 | 68284 | | | 0,7 | 171 | 2256 | 1612 | 1194 | 908 | 703 | 551 | 435 | 346 | 274 | 217 | 170 |
| 0,8 | 8,07 | 442 | 54,73 | 76616 | | | 0,8 | 173 | 2551 | 1829 | 1360 | 1038 | 808 | 638 | 508 | 408 | 328 | 263 | 210 |
| 1,0 | 7,80 | 516 | 66,22 | 92712 | | | 1,0 | 175 | 3121 | 2246 | 1679 | 1290 | 1011 | 805 | 649 | 527 | 430 | 352 | 288 |
| 1,2 | 7,58 | 585 | 77,27 | 108173 | | | 1,2 | 178 | 3668 | 2648 | 1986 | 1531 | 1027 | 966 | 784 | 641 | 528 | 437 | 363 |
| | | | | | | | freccia cm | | 0,19 | 0,26 | 0,34 | 0,44 | 0,54 | 0,65 | 0,77 | 0,91 | 1,05 | 1,21 | 1,38 |

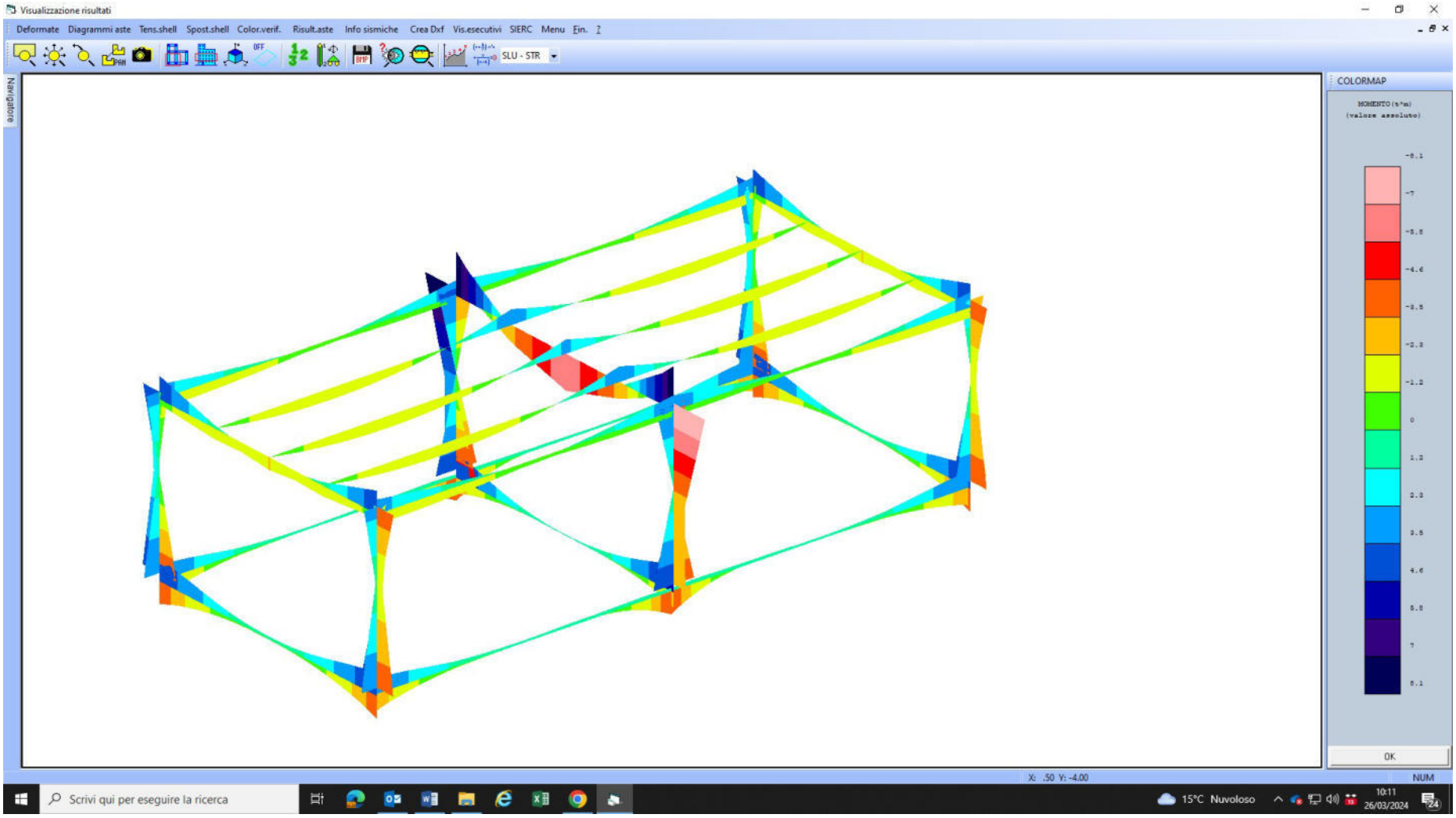
| Caratteristiche geometriche e statiche | | | | | Carichi netti in Kg/m² | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SOLETTA - 5,5 cm. Ht = 13 cm. | | | | condizioni di carico | altezza cm | spessore mm | peso Kg/m² | ℓ luci in m | | | | | | | | |
| spessore mm | X cm | J cm⁴/m | W cm³/m | Me kg cm/m | | | | | 1,50 | 1,75 | 2,00 | 2,25 | 2,50 | 2,75 | 3,00 | 3,25 | 3,50 | 3,75 | 4,00 |
| 0,6 | 9,11 | 450 | 49,40 | 69161 | | SOLETTA 5,5 cm. Ht = 13 cm. | 0,6 | 195 | 2264 | 1611 | 1188 | 898 | 690 | 536 | 420 | 329 | 256 | 198 | 151 |
| 0,7 | 8,91 | 503 | 56,47 | 79051 | | | 0,7 | 196 | [illegible] | 1869 | 1385 | 1053 | 815 | 640 | 506 | 402 | 320 | 253 | 199 |
| 0,8 | 8,73 | 553 | 63,34 | 88672 | | | 0,8 | 198 | 2955 | 2119 | 1576 | 1203 | 937 | 740 | 590 | 474 | 381 | 307 | 246 |
| 1,0 | 8,42 | 645 | 76,58 | 107219 | | | 1,0 | 200 | 3565 | 2600 | 1944 | 1494 | 1172 | 934 | 753 | 612 | 500 | 410 | 336 |
| 1,2 | 8,17 | 729 | 89,27 | 124984 | | | 1,2 | 203 | 3826 | 3062 | 2297 | 1772 | 1397 | 1119 | 908 | 744 | 613 | 508 | 422 |
| | | | | | | | freccia cm | | 0,18 | 0,24 | 0,32 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,72 | 0,84 | 0,97 | 1,12 | 1,27 |

| Caratteristiche geometriche e statiche | | | | | Carichi netti in Kg/m² | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SOLETTA - 6,5 cm. Ht = 14 cm. | | | | condizioni di carico | altezza cm | spessore mm | peso Kg/m² | ℓ luci in m | | | | | | | | |
| spessore mm | X cm | J cm⁴/m | W cm³/m | Me kg cm/m | | | | | 1,50 | 1,75 | 2,00 | 2,25 | 2,50 | 2,75 | 3,00 | 3,25 | 3,50 | 3,75 | 4,00 |
| 0,6 | 9,83 | 556 | 56,61 | 79249 | | SOLETTA 6,5 cm. Ht = 14 cm. | 0,6 | 220 | 2598 | 1850 | 1365 | 1032 | 794 | 618 | 484 | 380 | 297 | 231 | 176 |
| 0,7 | 9,60 | 622 | 64,72 | 90604 | | | 0,7 | 221 | 3000 | 2145 | 1591 | 1210 | 938 | 737 | 584 | 465 | 370 | 294 | 232 |
| 0,8 | 9,40 | 683 | 72,60 | 101645 | | | 0,8 | 223 | 3391 | 2432 | 1810 | 1383 | 1078 | 852 | 681 | 547 | 441 | 355 | 285 |
| 1,0 | 9,07 | 796 | 87,80 | 122915 | | | 1,0 | 225 | 3775 | 2985 | 2233 | 1717 | 1348 | 1075 | 867 | 706 | 577 | 474 | 389 |
| 1,2 | 8,79 | 899 | 102,33 | 143264 | | | 1,2 | 228 | 4034 | 3425 | 2637 | 2036 | 1606 | 1288 | 1046 | 857 | 708 | 587 | 488 |
| | | | | | | | freccia cm | | 0,17 | 0,23 | 0,29 | 0,37 | 0,46 | 0,56 | 0,66 | 0,78 | 0,90 | 1,04 | 1,18 |

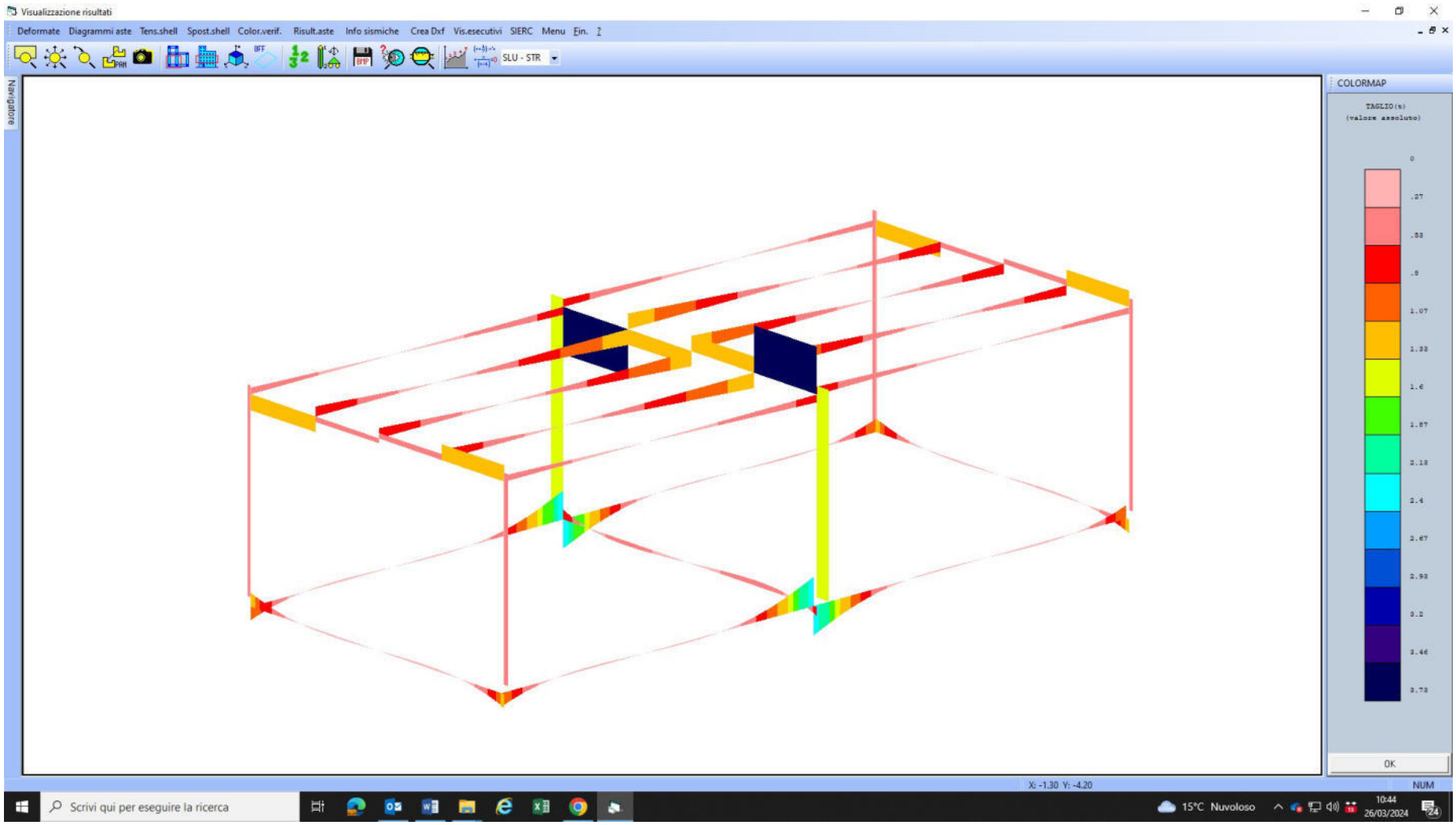
Alla luce di quanto riportato, si adotta un solaio di spessore complessivo 13 cm, di cui 5,5 cm di soletta superiore, con spessore lamiera pari a 0,6 mm, di peso proprio pari a 195 kg/mq; tale soluzione garantisce, per luci paragonabili a quella di calcolo (l= 1,50 m) una portata massima di 2264 kg/mq, ben superiore a quella di progetto (490 kg/mq), con una freccia massima di 0,18 cm, inferiore ad l/400.

## 8.7 Schemi grafici delle sollecitazioni e deformazioni delle strutture

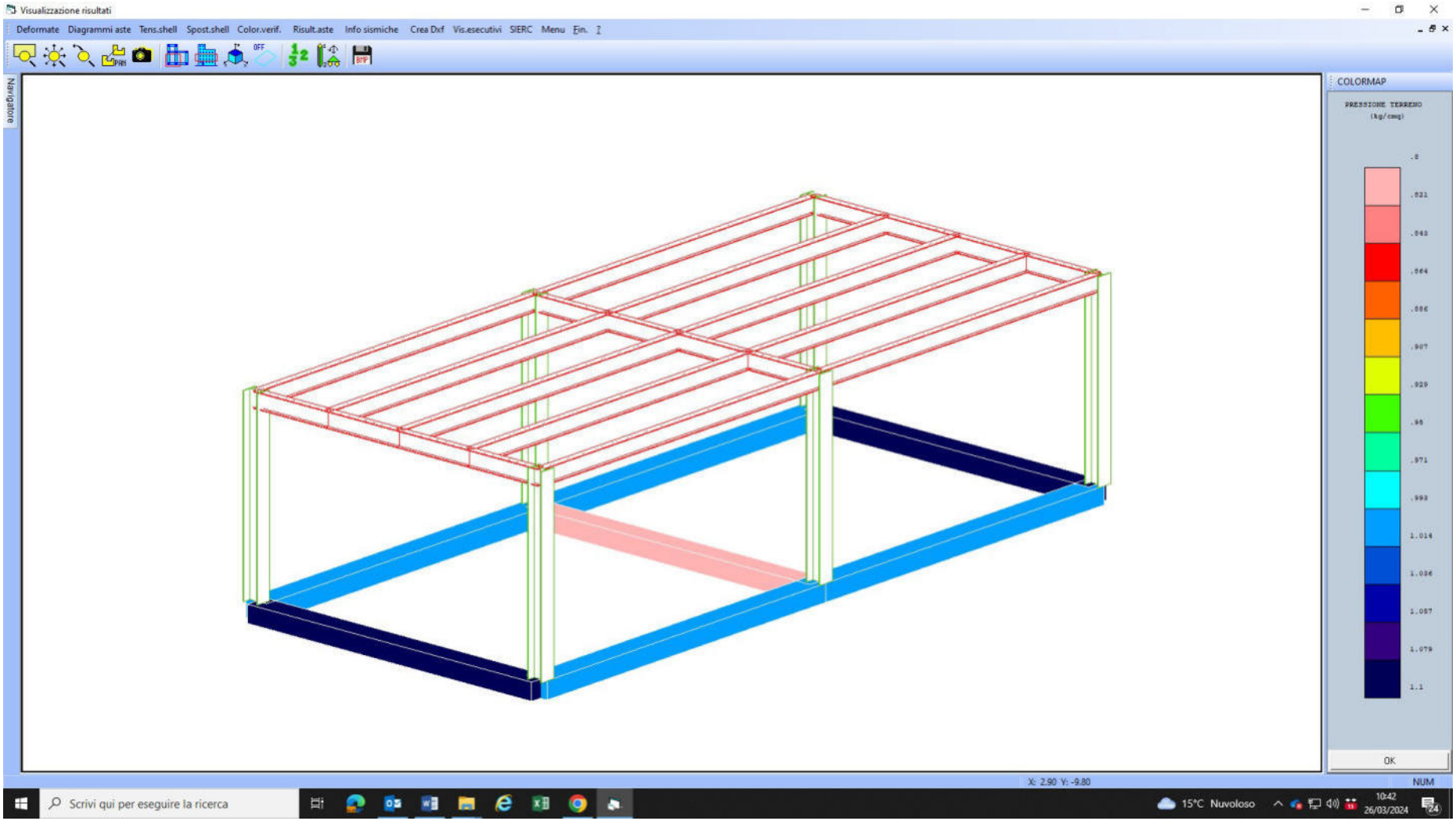
Al fine di visualizzare le parti più sollecitate della struttura oggetto della presente relazione, nel presente paragrafo vengono riportati i diagrammi delle sollecitazioni e delle deformazioni più significative della nuova struttura.



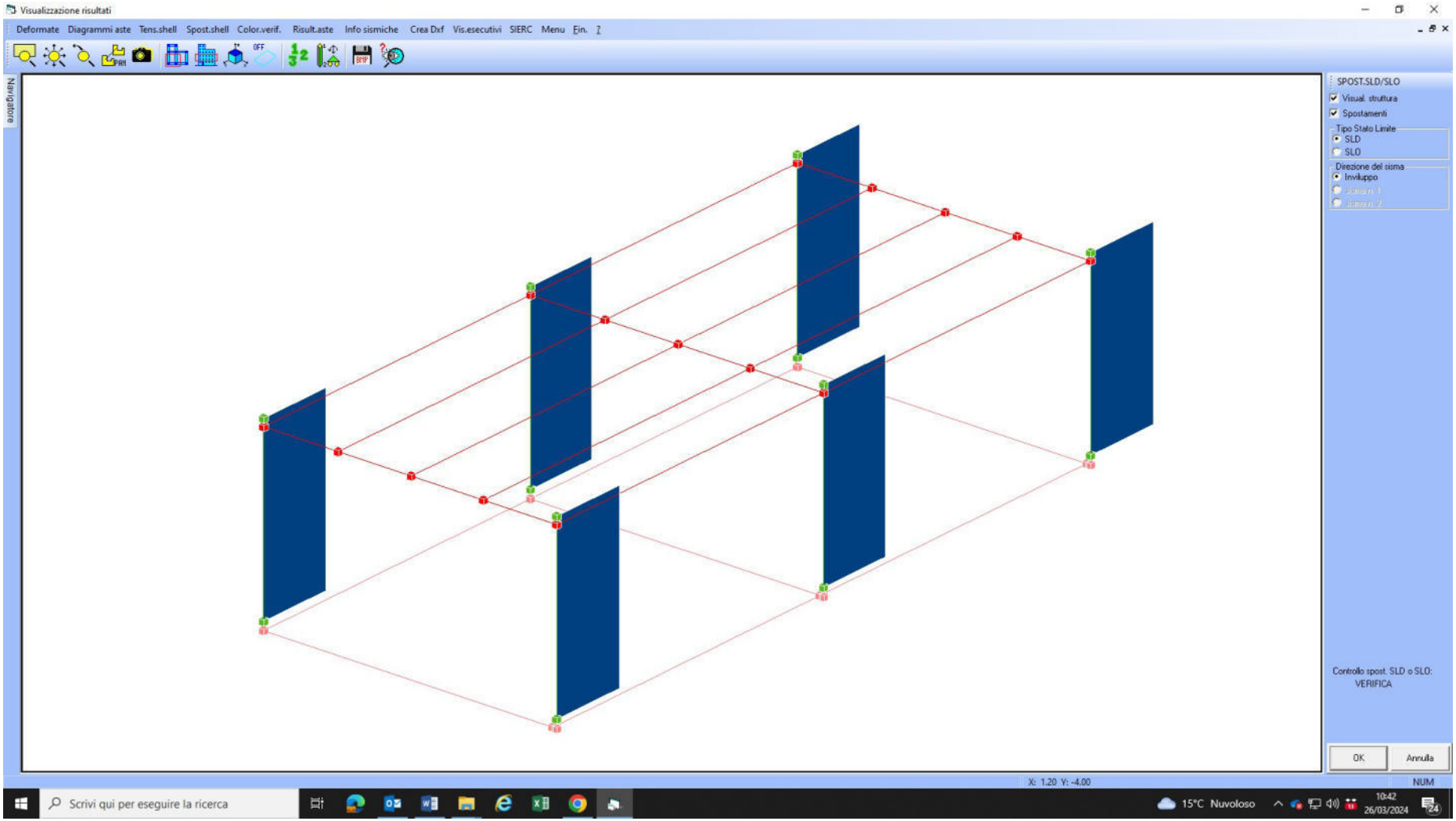

**Nuova struttura laboratorio – Diagrammi momenti flettenti combinazione inviluppo**



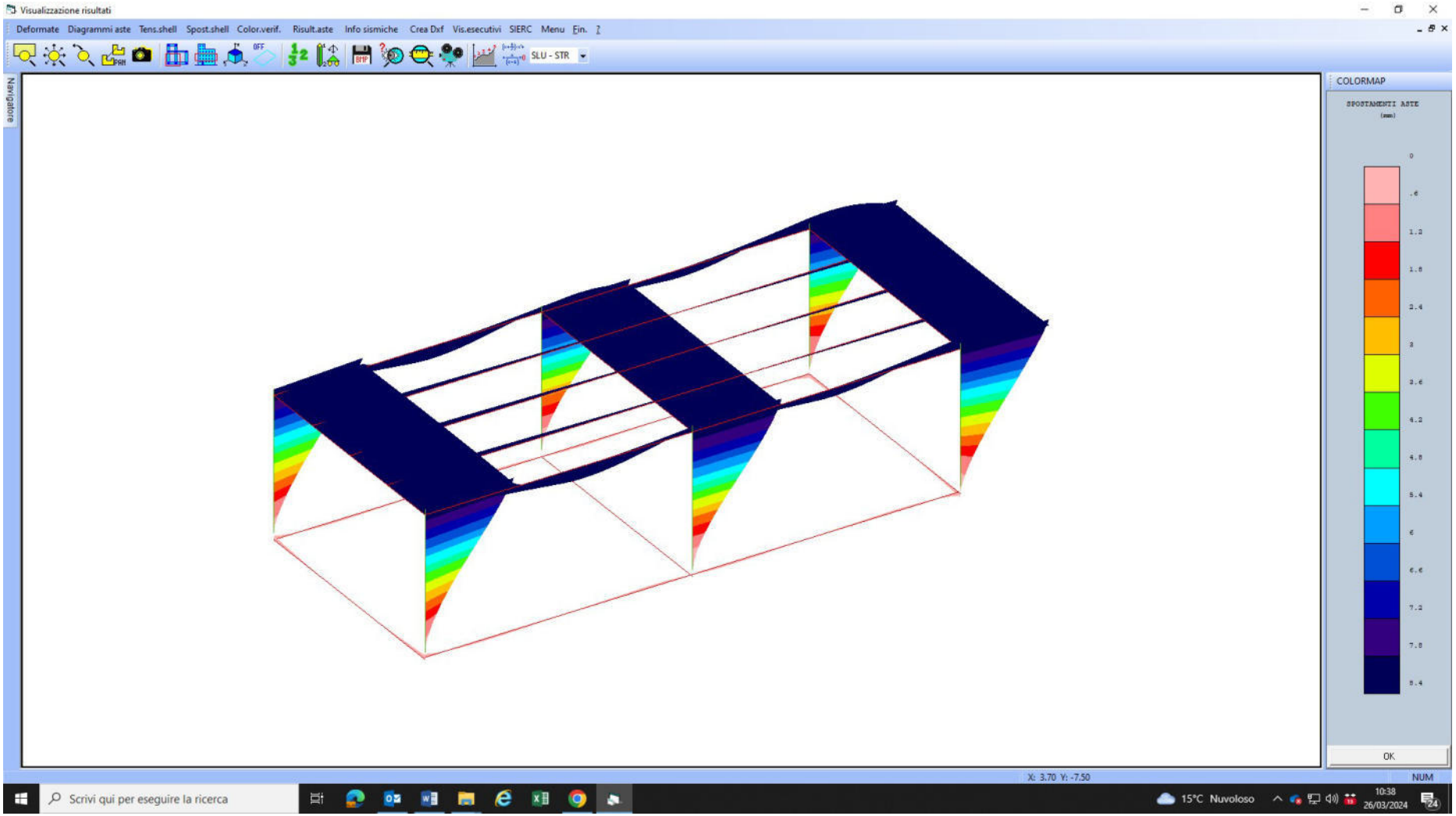

**Nuova struttura laboratorio – Diagrammi taglio combinazione inviluppo**



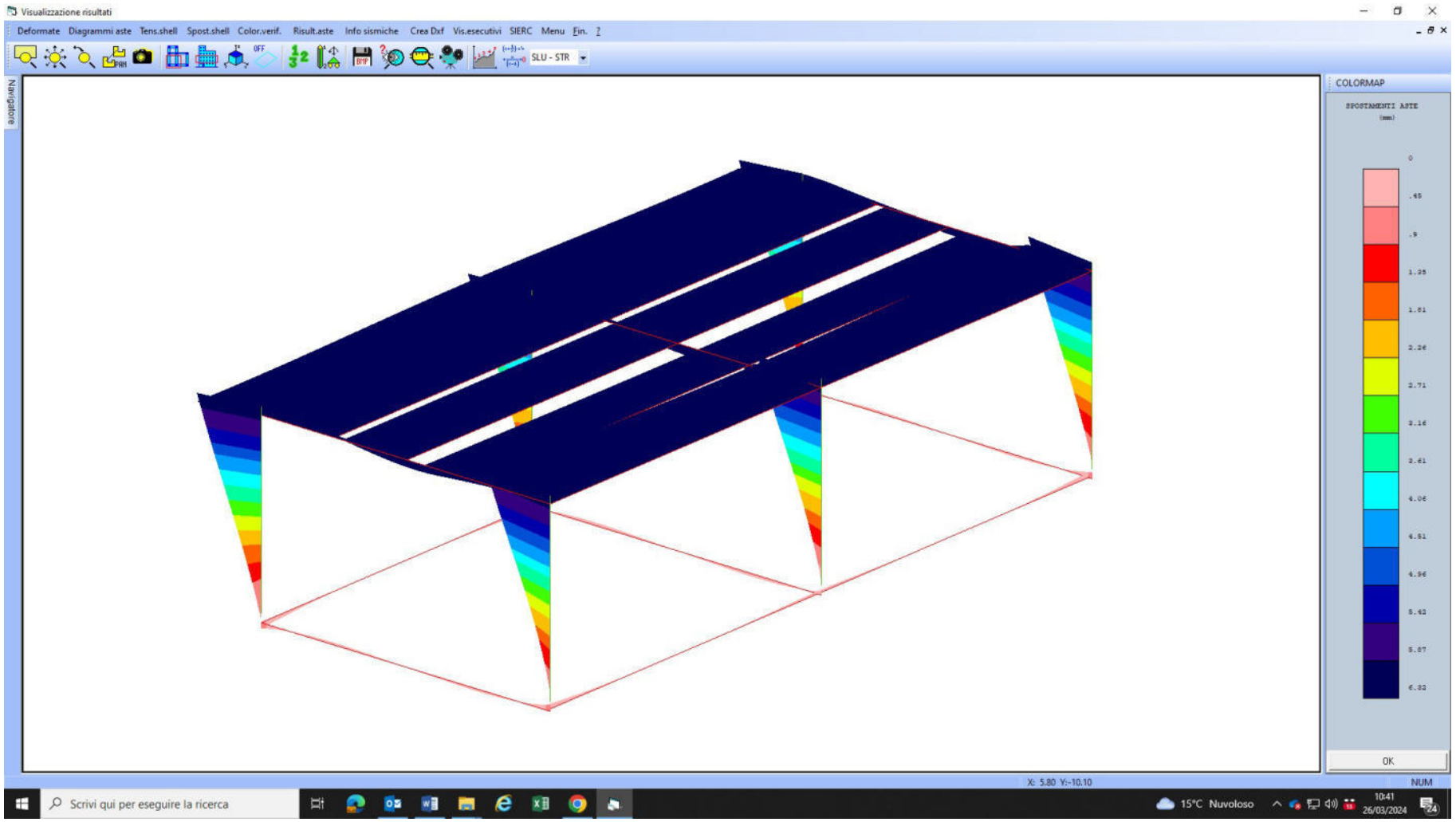

**Nuova struttura laboratorio – Valori pressione terreno**



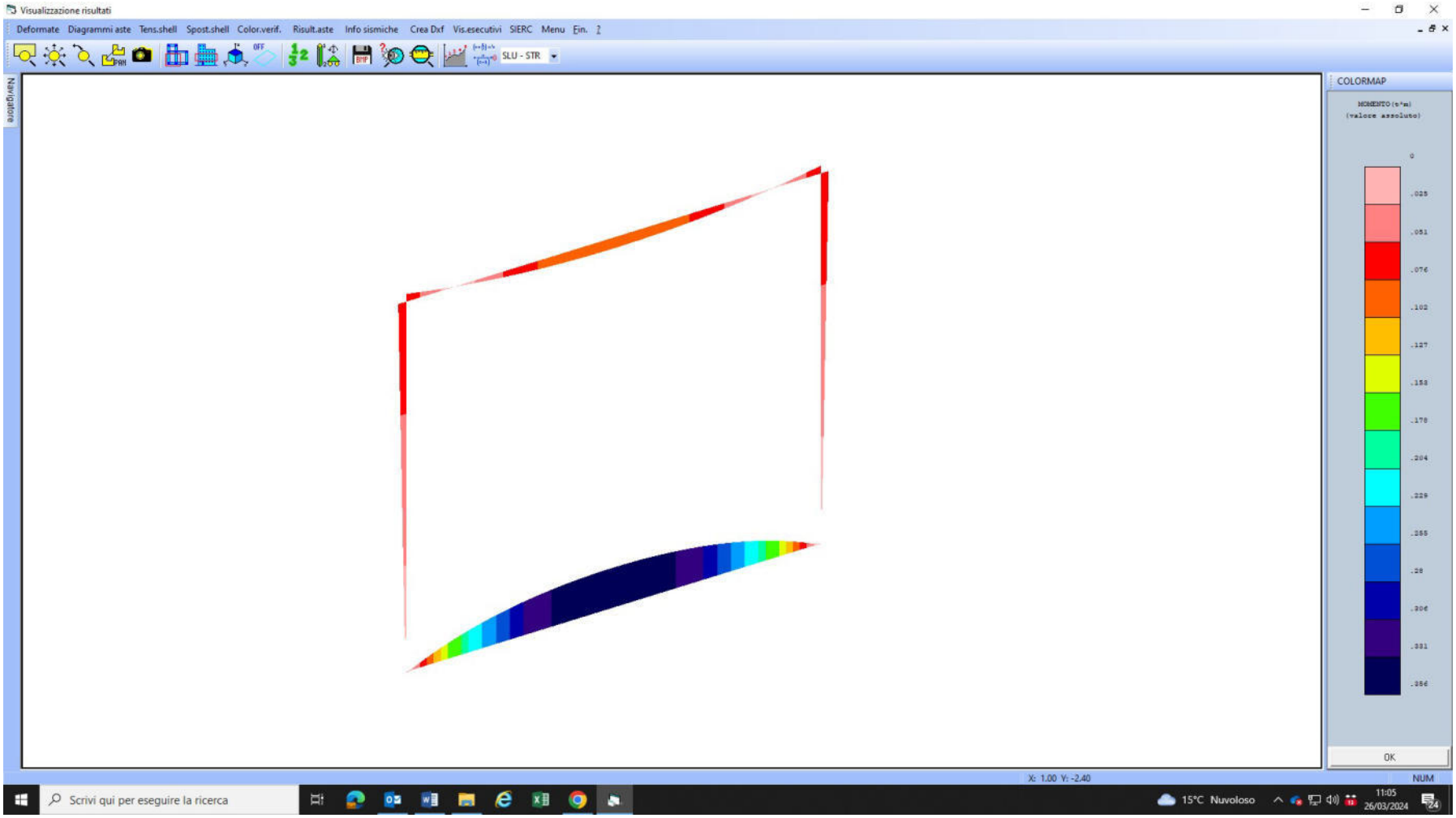

**Nuova struttura laboratorio – Verifica spostamenti relativi**



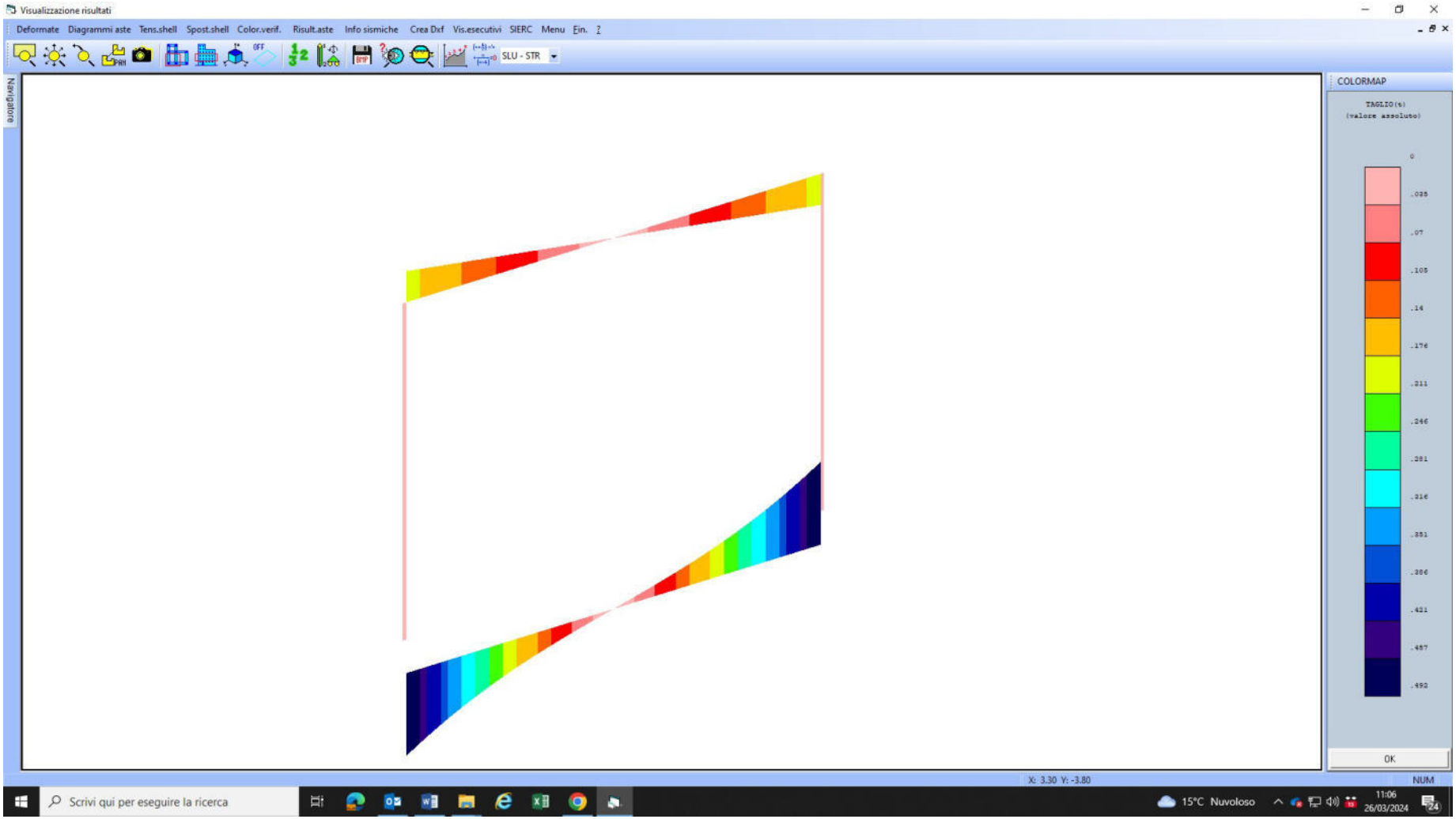

**Nuova struttura laboratorio – Spostamenti sismici lungo direzione x**



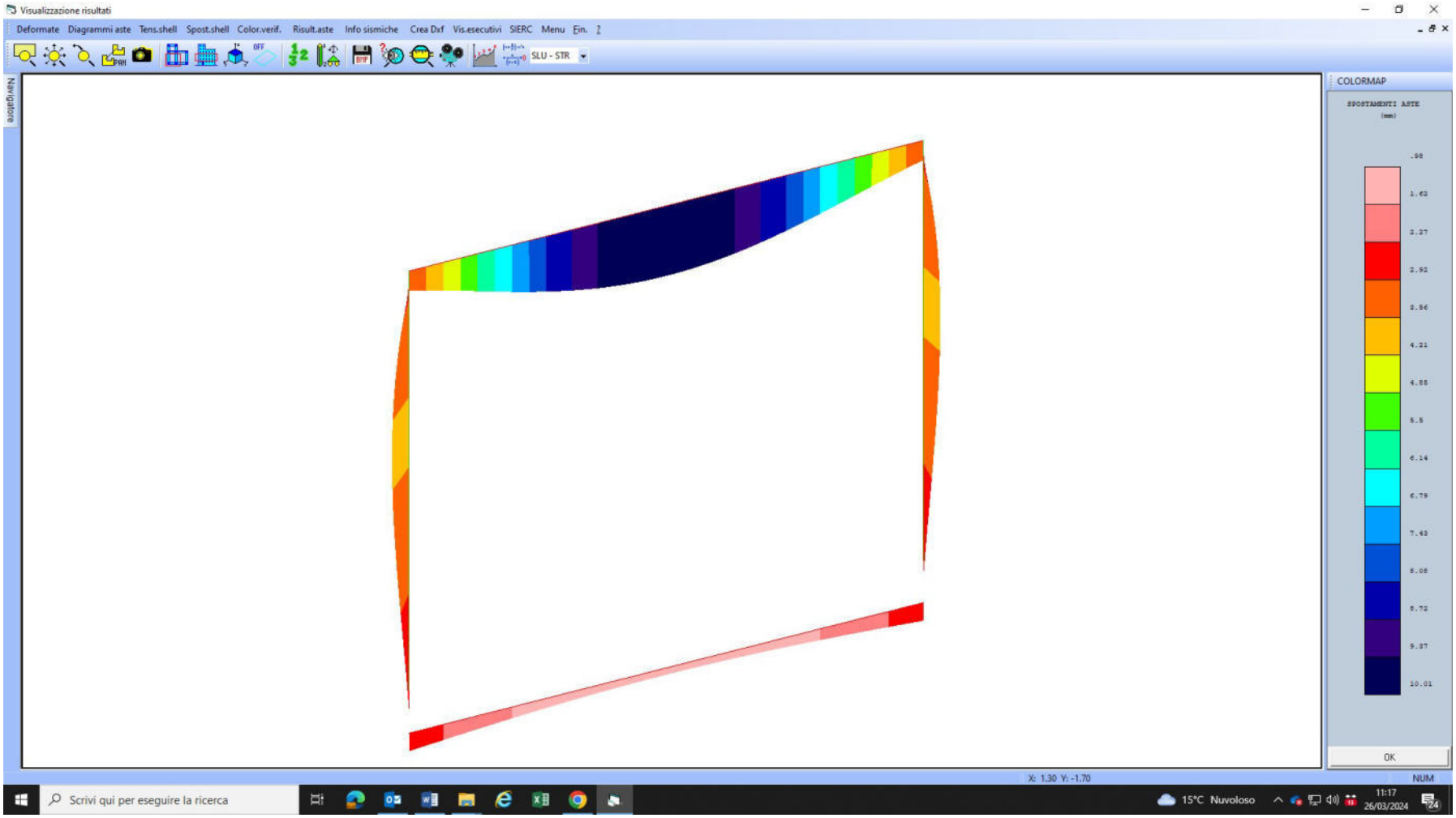

**Nuova struttura laboratorio – Spostamenti sismici lungo direzione y**




**Portale cerchiatura – Diagrammi momenti flettenti**




**Portale cerchiatura – Diagrammi taglio**




**Portale cerchiatura – Spostamenti verticali**

## 9 Elaborati di progetto

Il progetto delle opere strutturali è costituito dai seguenti elaborati:

| | |
|---|---|
| ST_01 | Relazione generale di calcolo |
| ST_02 | Relazione geologica |
| ST_03 | Rapporto indagini sperimentali |
| ST_04 | Relazione sui materiali |
| ST_05 | Piano di manutenzione opere strutturali |
| ST_06 | Tabulati di calcolo |
| ST_07 | Relazione geotecnica |
| ST_08 | Piante ed esecutivi di dettaglio – Corpo A |
| ST_09 | Piante ed esecutivi di dettaglio – Corpo B |
| ST_10 | Esecutivi di dettaglio - Cerchiature |

**Il progettista opere strutturali**
Dott. ing. Antonio Giuseppe Nigro