STUDIO CANEPA ASSOCIATI

COMUNE DI MASONE

CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA

REALIZZAZIONE DI UNA SCUOLA MATERNA
PIANO REGIONALE TRIENNALE
INTERVENTI DI EDILIZIA
SCOLASTICA 2015/2017

LOCALITÀ RONCO

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
FONDAZIONI ED EDIFICIO

Agosto 2017

ing. Giovanni Canepa - arch. Maurizio Canepa - ing. Giovanni G. Canepa
Via Domenico Fiasella 16/22 - 16121 Genova- Tel./Fax. 010.561.227 / 010.585.064
web: www.studiocanepa.com - e-mail: associati@studiocanepa.it –
Codice Fiscale e Partita IVA 03783800109

Membro della Federazione CISQ
RINA
ISO 9001
Sistema Qualità Certificato

STUDIO CANEPA ASSOCIATI

INDICE PAG. ..... **ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.**

1. GENERALITÀ 4

1.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO 4
1.1.1 CRITERI COSTRUTTIVI 5
1.1.1.1 FONDAZIONI E CORDOLATURA PERIMETRALE 5
1.1.1.2 ELEMENTI STRUTTURALI IN ELEVAZIONE ESEGUITI IN OPERA 5
1.1.1.4 SOLAI IN OPERA 5
1.1.1.4 SOLAI IN ELEMENTI PREFABBRICATI 5
1.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DELL'OPERA 6
1.2.1 VITA NOMINALE DELL'OPERA 6
1.2.2 CLASSE D'USO 6
1.2.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA 7
1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 7
1.4 UNITÀ DI MISURA 8

2. CRITERI DI CALCOLO 9

2.1 METODOLOGIA DI VERIFICA 9
2.2 METODO DI CALCOLO 9
2.3 CARATTERISTICHE DEI PROGRAMMI DI CALCOLO 9
2.3.1 AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO 9
2.3.2 MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI 9
2.3.3 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI 9

3. CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO 10

3.1 ZONIZZAZIONE SISMICA 10
3.2 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO 11
3.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE 11

4. CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO 12

4.1 CLASSE DI DUTTILITÀ 12
4.2 TIPOLOGIA STRUTTURALE E FATTORE DI FORMA 12
4.3 DURABILITÀ 12
4.3.1 CEMENTO ARMATO 12
4.3.2 ACCIAIO 13

5. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E FISICHE DEGLI ELEMENTI 14

5.1 FONDAZIONI A TRAVI ROVESCE 14
5.1.1 DIMENSIONE PLANIMETRICHE TRAVI 14
5.1.2 PARETI 15
5.1.3 SETTI E PILASTRI 15
5.1.4 TRAVI SOLAIO PRIMO LIVELLO 16
5.1.5 TRAVI SOLAIO SECONDO LIVELLO 16
5.2 CARATTERISTICHE FISICHE DEI MATERIALI 17

5.2.1 CALCESTRUZZO E ACCIAIO DA ARMATURA CLS IN OPERA 17

6. ANALISI DEI CARICHI 18

6.1 CARICHI ACCIDENTALI: 18
6.2 CARICHI PERMANENTI 18
6.3 INSERIMENTO DEI CARICHI NEL MODELLO 19
6.4 AZIONE SISMICA 20
6.5 COMBINAZIONI ANALIZZATE 21

7. ANALISI COMPUTAZIONALE 22

7.1 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA 22
7.2 CREAZIONE DEL MODELLO 22

8. ANALISI DEI RISULTATI 23

8.1 SOLLECITAZIONI NELLE STRUTTURE BIDIMENSIONALI: 23
8.2 SOLLECITAZIONI NELLE STRUTTURE MONODIMENSIONALI: 26
8.3 REAZIONI TRASMESSE ALLE FONDAZIONI 30
8.4 VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI E DELLE DEFORMAZIONI 31
8.4.1 INVILUPPI STATICI 31
8.4.2 INVILUPPI DINAMICI 32

9. VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI: 33

9.1 VERIFICA DELLE STRUTTURE IN C.A. BIDIMENSIONALI 33
9.2 VERIFICA DELLE STRUTTURE IN C.A. BIDIMENSIONALI (PARETI) 36

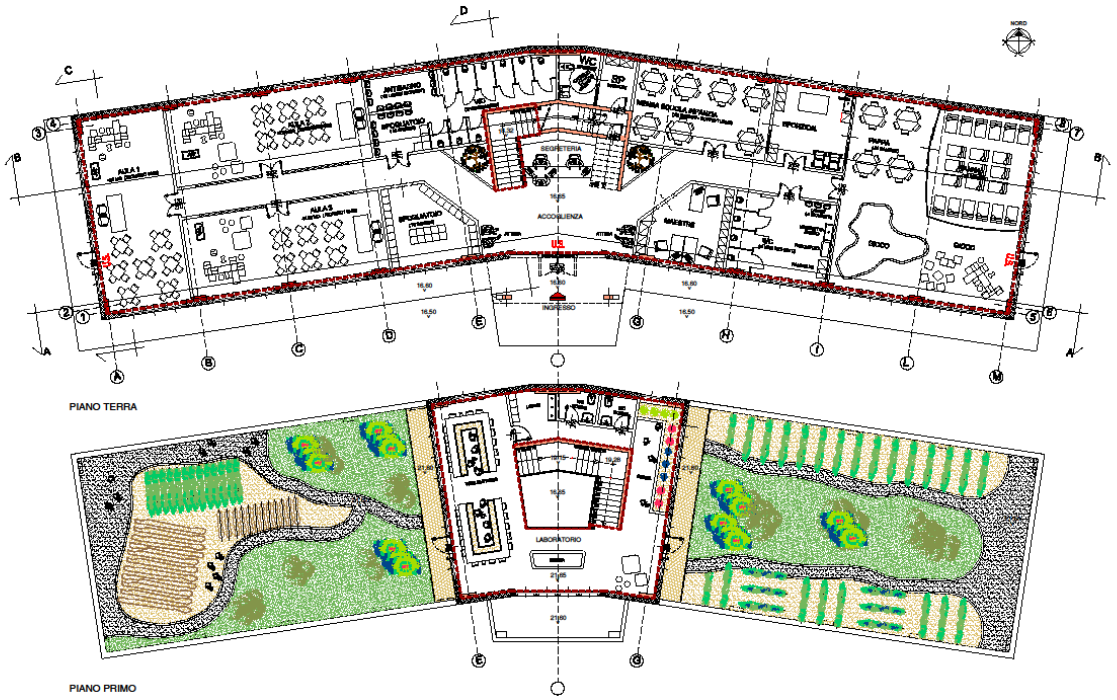
10. CONCLUSIONI 39

1. GENERALITÀ

La presente relazione illustra i calcoli strutturali svolti per la verifica ed il dimensionamento degli elementi di elevazione e fondazionali di un nuovo edificio destinato ad ospitare una scuola materna nel comune di Masone (GE) in località Ronco.

1.1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo volume destinato a Scuola dell'Infanzia, su di un'area situata immediatamente a Nord della scuola media esistente "Carlo Pastorino".
Il volume si compone di un corpo centrale di ingresso e di due "ali" laterali che, da un lato, seguono l'andamento naturale del terreno, dall'altro rispettano il parallelismo agli assi visivi principali ed al campo da gioco esistente.
Come si evince dall'esame delle planimetrie allegate, si tratta di un edificio a due piani, uno destinato alle attività propriamente didattiche e di accoglienza dei bambini, l'altro adibito a laboratorio di osservazione dei processi botanici mediante l'allestimento di due vivai di studio e di una serra.



La superficie agibile in pianta del piano terra è pari a circa 542,50 mq per un'altezza interna "sotto trave" di 3,50 metri (ridotta con controsoffittature a 3,20 mt) ; il piano primo è pari a circa 104 mq per un'altezza utile di 3,20 mt.
La struttura portante è stata prevista in plinti e pilastri in calcestruzzo armato gettato in opera, il solaio in tegoli prefabbricati per permettere la realizzazione di un "tetto verde", concepito non solo per scopi estetici e didattici ma anche per le alte prestazioni tecnologiche. Per quanto riguarda le chiusure perimetrali, dette saranno realizzate in pannelli prefabbricati a taglio termico, intervallati da ampie superfici finestrate a tutta altezza.

1.1.1 CRITERI COSTRUTTIVI

1.1.1.1 FONDAZIONI E CORDOLATURA PERIMETRALE

Le fondazioni saranno del tipo a travi rovesce, con quelle perimetrali collegate tra loro da canaletta a sezione scatolare avente funzione sia di "intercapedine" che di trave "porta-pannelli", ovvero a sorta di locale "plateazione", in corrispondenza del setto/parete del vano ascensore e saranno impostate sopra un magrone di sottofondazione in conglomerato cementizio atto a rettificare il piano fondazionale ed eventualmente localmente approfondito ove necessario.

1.1.1.2 ELEMENTI STRUTTURALI IN ELEVAZIONE ESEGUITI IN OPERA

La struttura portante la scala ed il vano ascensore saranno costituite da pareti in C.A. dello spessore di 20 cm, i rimanenti elementi verticali saranno realizzati tramite setti in opera.
Le travi saranno eseguite in opera ed avranno le opportune mensole per reggere i solai prefabbricati.

Le strutture dovranno corrispondere ai requisiti R 90 (minimo) in conformità agli Eurocodici con le armature metalliche dei vari elementi costituitivi la struttura che dovranno distare dalla superficie esterna del conglomerato con gli spessori minimi indicati nell'Allegato A al D.M. 16.02.2007 e comunque con gli eventuali elementi distanziatori tra le opposte superfici della casseratura atti a realizzare un "copriferro" di almeno 3 cm.

1.1.1.4 SOLAI IN OPERA

I solaio del corpo centrale dell'edificio saranno realizzati tramite un soletta piena con cordolature perimetrali, lo spessore di detta soletta sarà pari a 25cm sia per il solaio di copertura che per quello del primo piano.

1.1.1.4 SOLAI IN ELEMENTI PREFABBRICATI

I solai del Piano Primo dei copri laterali saranno realizzati con pannelli TT 50/250 in calcestruzzo armato precompresso con trefoli aderenti, e sovrastante getto integrativo di soletta collaborante dello spessore minimo di 10 cm sarà eseguito in calcestruzzo ordito con rete elettrosaldata e barre di orditura integrativa.
La struttura del solaio sarà collegata dalla struttura principale nel corso dell'esecuzione dei getti di completamento.

1.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DELL'OPERA

Le specifiche prestazionali utilizzate per la valutazione della sicurezza dell'edificio sono conformi alle disposizioni delle NTC 2008 e vengono riportate nei paragrafi seguenti.

1.2.1 VITA NOMINALE DELL'OPERA

Per vita nominale V_N di un'opera strutturale si intende il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo alla quale è destinata.
La tabella seguente indica la vita nominale per i diversi tipi di opera.

Tabella 1.1 – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

Tipi di costruzione		*Vita Nominale V_N (in anni)*
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

La struttura oggetto della presente relazione è un opera di tipo ordinario e, pertanto, si assume una:

Vita Nominale $V_N = 50$ anni

1.2.2 CLASSE D'USO

Con riferimento a quanto al § 2.4.2 delle NTC 08, le costruzioni, in relazione alle conseguenze di eventuali interruzioni di operatività dovute ad azioni sismiche vengono suddivise nelle seguenti classi d'uso:

Classe I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni d'emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni d'emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 05.11.2001, n° 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade di tipo A o B". Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le opere in oggetto sono da considerarsi con affollamenti significativi e, pertanto, ricadono nella

Classe d'uso III

1.2.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Con riferimento a quanto al § 2.4.3 delle NTC 08, l'azione sismica su ciascuna struttura viene valutata in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U dedotto dalla tabella 2.4.II:

Classe d'Uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

$$\mathbf{V_R} = V_N C_U = 50 \times 1,5 = \mathbf{75\ anni}$$

1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La verifica degli elementi strutturali è effettuata secondo i dettami delle vigenti:

- **D.M. 14.01.2008**. Norme Tecniche per le Costruzioni (**NTC 08**);
- **Circ. C.S. LL.PP. 02.02.2009 n° 617**: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2008;
- **Eurocodice 2** (UNI EN 1992 -1-1:2005): Progettazione delle strutture di calcestruzzo, parte 1-1, regole generali e regole per gli edifici;
- **Eurocodice 3** (UNI ENV 1993 -1-1): Progettazione delle strutture di acciaio, parte 1-1, regole generali e regole per gli edifici;
- **Legge 05.11.1971 n° 1086**: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- **Legge 02.02.1974 n° 64**: Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Le normative nazionali previgenti e comunque considerate, sono:

- D.M. 14.09.2005. Norme Tecniche per le Costruzioni
- O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003 e s.m.i.: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- D.M. 16.01.1996: Norme tecniche relative ai "Criteri generali per verifica delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;
- D.M. LL.PP. 16.01.1996: Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.M. LL.PP. 09.01.1996: Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- Circ. Min. LL.PP. 15.10.1996 n° 252 : Istruzioni per l'applicazione del D.M. 09.01.1996;
- Circ. Min. LL.PP. 10.04.1997 n° 156AA.GG/STC : Istruzioni per l'applicazione del D.M. 16.01.1996;
- D.M. 14.02.1992 (G.U. 18-3-1992, N. 65): Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 11.03.1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circ. Min. LL.PP. 24.11.1988 n° 30483: Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la

progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;

- D.M. 03.12.1987: Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- D.M. 04.05.1990: Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali.

1.4 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura utilizzate nell'elaborazione di calcoli e delle verifiche nonché nell'esportazione dei grafici sono:

- metri per le lunghezze
- daN per le forze

2. CRITERI DI CALCOLO

2.1 METODOLOGIA DI VERIFICA

La verifica degli elementi strutturali è effettuata con il METODO DEGLI **STATI LIMITE**.

2.2 METODO DI CALCOLO

Le strutture sono state studiate nel loro insieme con un programma di calcolo automatico agli elementi finiti per poter meglio cogliere la ripartizione delle sollecitazione tra i vari elementi.
Ciò ha permesso infatti una analisi più raffinata del modello strutturale in grado di definire in maniera più corretta il comportamento complessivo delle strutture esaminate.

2.3 CARATTERISTICHE DEI PROGRAMMI DI CALCOLO

Titolo	MasterSap Top
Versione	2016
Produttore	AMV s.r.l. - Ronchi dei Legionari (GO)
Utente	Studio Canepa Associati
Licenza	32753

2.3.1 AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice AMV srl ha verificato 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.

2.3.2 MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

La presente Relazione di Calcolo strutturale presenta i dati di calcolo in formato tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità, illustrando in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati finali delle analisi in forma tabellare.
In ragione di quanto sopra per quanto concerne l'esposizione dei risultati delle analisi eseguite si è privilegiata un'esposizione in "forma grafica" con differenziazione cromatica dei diversi stati sollecitativi, tensionali e deformativi, includendo solo la parte maggiormente significativa dei "tabulati" prodotti dai programmi di calcolo, ferma restando la disponibilità di detta documentazione in forma "completa" su supporto digitale.

2.3.3 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

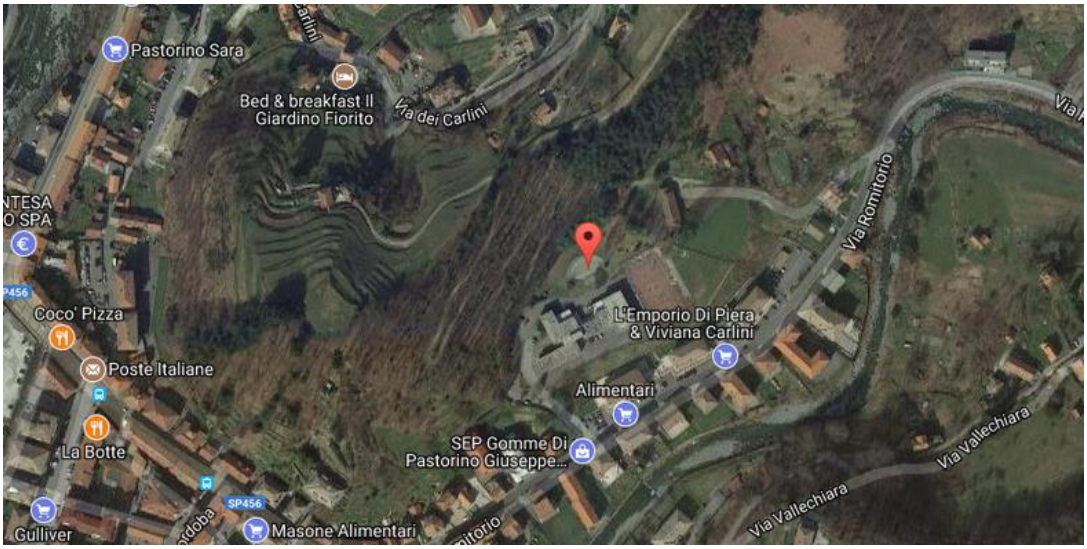
I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto progettista utente del software.
Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali, inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.
In base a quanto sopra, il sottoscritto progettista asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

3. CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

3.1 ZONIZZAZIONE SISMICA

Le strutture di cui trattasi, secondo la vigente classificazione sismica di cui alla Deliberazione della Giunta Regionale n° 1362 del 19.11.2010 (B.U.R. n° 50 – 15.12.2010) e risultano ubicate in

"Zona 3 – SISMICITÀ BASSA"



I valori dei parametri sismici sono riportati nel paragrafo dedicato valutando l'esatta localizzazione geografica come previsto dalla vigente normativa (NTC 08):

Latitudine 44.50367
Longitudine 8.71838

Nella seguente tabella vengono esposti i valori dell'accelerazione orizzontale massima convenzionale (a_g), ed i corrispondenti F_0 e T_C^* associati ad un periodo di ritorno per ciascuno stato limite.

STATO LIMITE		Probabilità di superamento della Vita di Riferimento	T_R (anni)	a_g/g (m/sec^2)	F_0 (-)	T_C^* (sec)
Stato Limite di Esercizio **SLE**	**SLO**	81 %	45	0,0254	2,54	0,19
	SLD	63 %	75	0,032	2,53	0,22
Stato Limite Ultimo **SLU**	**SLV**	10 %	712	0,0727	2,54	0,29
	SLC	5 %	1462	0,0929	2,54	0,30

In cui:
SLO = Stato Limite di Operatività;
SLD = Stato Limite di Danno;
SLE = Stato Limite di Esercizio;
SLV = Stato Limite di Salvaguardia della vita;
SLC = Stato Limite di Collasso.

ed
a_g/g = Accelerazione orizzontale massima al sito;
F_0 = 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.

3.2 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

In base alle indicazioni contenute nella Relazione Geologica Esecutiva a firma della Dott.ssa Geologa Elisabetta Barboro del Gennaio 2016 con riferimento a quanto previsto dalla Tabella 3.2.II delle NTC 08, la tipologia del terreno di fondazione, ai fini della determinazione dell'azione sismica, è individuato nella tipologia nel seguito riportata:

Categoria Sottosuolo	*Descrizione*
B	**Rocce tenere e Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti** con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 mt/s e 800 mt/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa)

3.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Con riferimento a quanto alla Tabella 3.2.IV della NTC 08 il sito in cui è prevista la realizzazione degli interventi in progetto è caratterizzato da:

Categoria	*Caratteristiche della superficie topografica*
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i≤15°

Cui competono i Coefficienti di amplificazione topografica come desunti dalla Tabella 3.2.VI delle NTC 08 e di seguito riportati:

Categoria Topografica	*Ubicazione dell'Opera e dell'Intervento*	**S_T**
T1	−−−	1,0

4. CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO

4.1 CLASSE DI DUTTILITÀ

La classe di duttilità è rappresentativa della capacità dell'edificio in cemento armato di dissipare energia in campo anelastico per azioni cicliche ripetute.
Le deformazioni anelastiche devono essere distribuite nel maggior numero di elementi duttili, in particolare le travi, salvaguardando in tal modo i pilastri e soprattutto i nodi travi pilastro, che sono gli elementi più fragili.
Le NTC 08, al §7.2.1, definiscono due tipi di comportamento strutturale:

- comportamento strutturale non-dissipativo;
- comportamento strutturale dissipativo.

Nel nostro caso il comportamento strutturale è di tipo dissipativo.
In particolare si distinguono due livelli di Capacità Dissipativa o Classi di Duttilità (CD), CD"A" (Alta), CD"B" (Bassa); la differenza tra le due classi risiede nella entità delle plasticizzazioni alle quali ci si riconduce in fase di progettazione; per ambedue le classi, onde assicurare alla struttura un comportamento dissipativo e duttile, evitando rotture fragili e la formazione di meccanismi instabili imprevisti, si fa ricorso ai procedimenti tipici della gerarchia delle resistenze.

La struttura in esame è stata progettata in

CLASSE DI DUTTILITÀ BASSA (CD"B").

4.2 TIPOLOGIA STRUTTURALE E FATTORE DI FORMA

Considerato il tipo di struttura mista setti/pareti in ca. si considera un fattore di struttura pari a q=3.3.

4.3 DURABILITÀ

Per durabilità si intende il requisito che devono possedere le strutture affinché possano conservare le prestazioni assunte in fase progettuale per l'intera vita nominale dell'opera.
Tale requisito viene garantito mediante provvedimenti atti a limitare gli effetti del degrado.

4.3.1 CEMENTO ARMATO

Per quanto riguarda il cemento armato dovrà essere limitato il degrado indotto dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.
Tali obbiettivi possono essere conseguiti adottando un opportuno copriferro in funzione delle condizioni ambientali dove sorgerà l'opera al fine di definire la classe di esposizione per i differenti elementi strutturali.
A tale scopo si è fatto utile riferimento alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004, come previsto al § 11.2.11 delle vigenti NTC 08.
In funzione delle condizioni ambientali presenti per il sito in questione, le classi di esposizione da considerare ai fini della durabilità del calcestruzzo possono essere le seguenti:

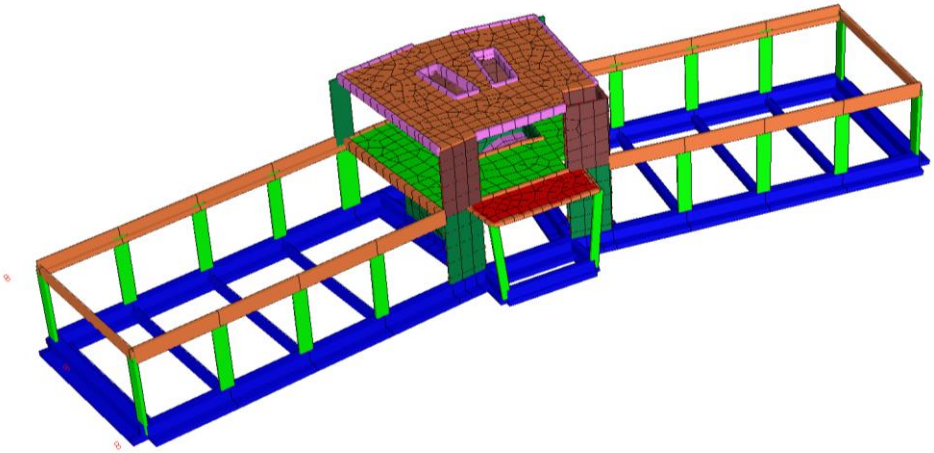
- Per le **strutture di fondazione** può essere considerata la **CLASSE XC2**
- Per le **strutture in elevazione** può essere considerata la **CLASSE XC1**

4.3.2 ACCIAIO

Al fine di garantire i livelli di sicurezza imposti dalla vigente Normativa (§11.2.11 NTC 08) dovrà essere assicurato il mantenimento per tutta la vita utile di progetto della geometria e delle caratteristiche meccaniche dei materiali della struttura, affinché quest'ultima conservi inalterate funzionalità, aspetto estetico e resistenza. In particolare le opere in carpenteria metallica sono, se non adeguatamente protette, soggette al fenomeno dell'ossidazione che trasforma l'acciaio in ossido di ferro idrato, comunemente conosciuto come ruggine, abbassandone la resistenza meccanica e riducendo le caratteristiche inerziali delle sezioni.
Si può ovviare al fenomeno della corrosione proteggendo adeguatamente l'acciaio mediante verniciatura o zincatura cosicché non venga a trovarsi a contatto con l'aria e l'acqua.

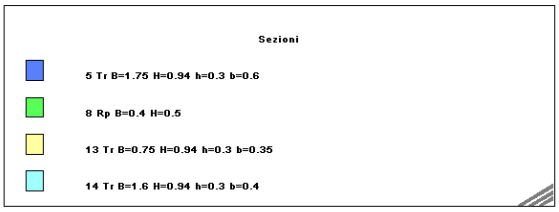
5. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E FISICHE DEGLI ELEMENTI

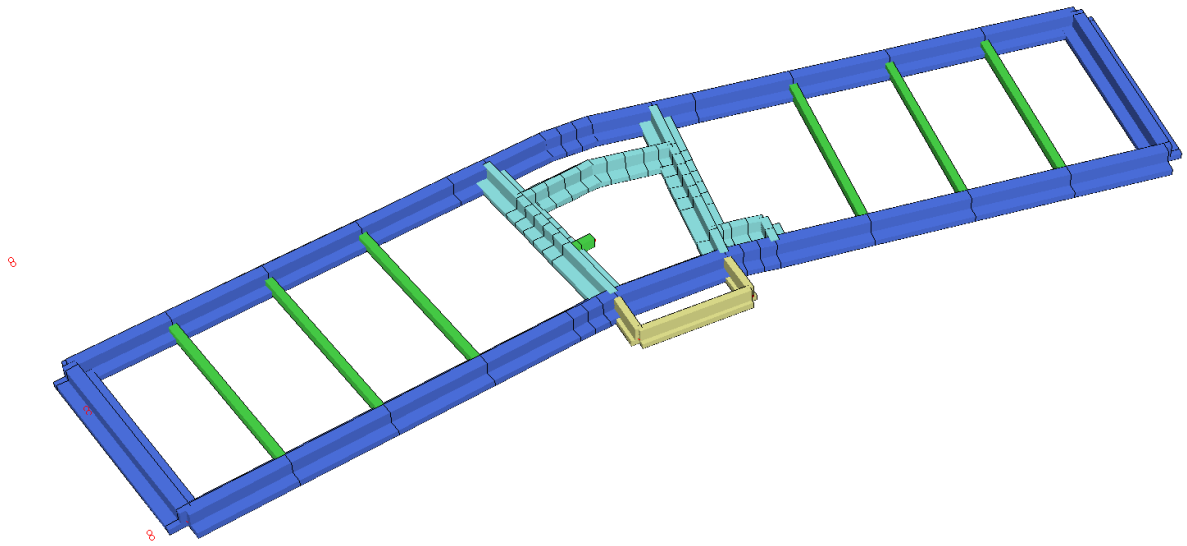
Nel seguito si riportano le dimensioni (spessori) dei vari elementi delle strutture di elevazione (le immagini rappresentano gli elementi nella stessa prospettiva rappresentata nell'immagine principale):
Si riporta in prima visione l'immagine del modello complessivo:



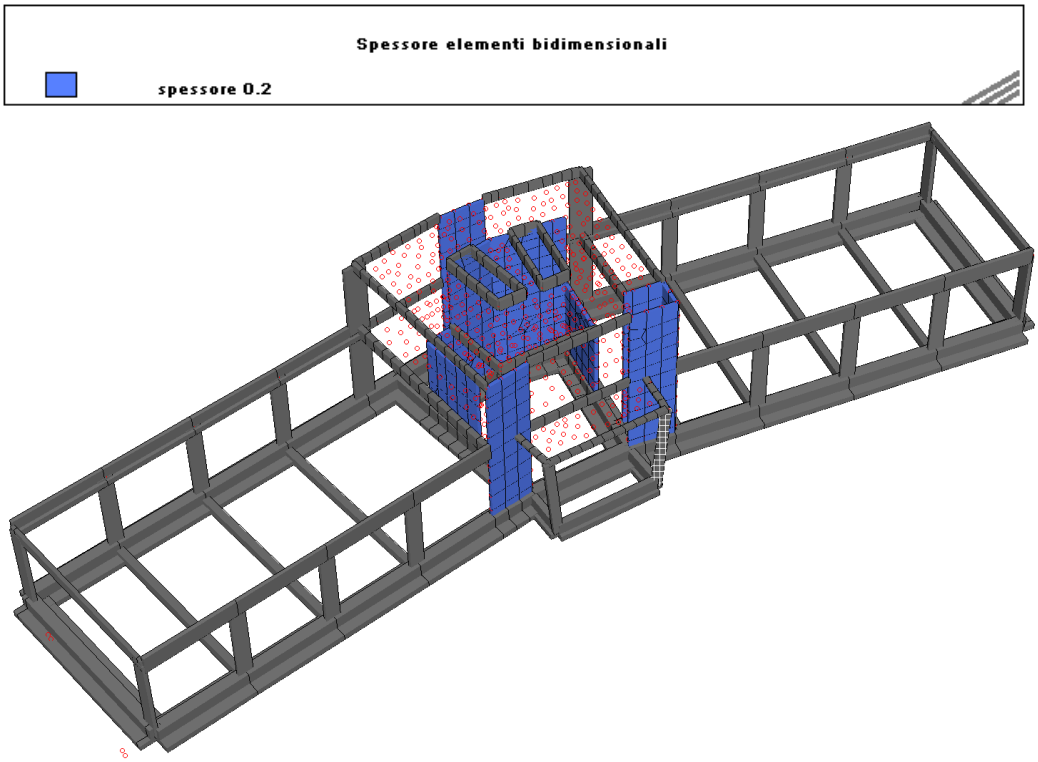
5.1 FONDAZIONI A TRAVI ROVESCE

5.1.1 DIMENSIONE PLANIMETRICHE TRAVI



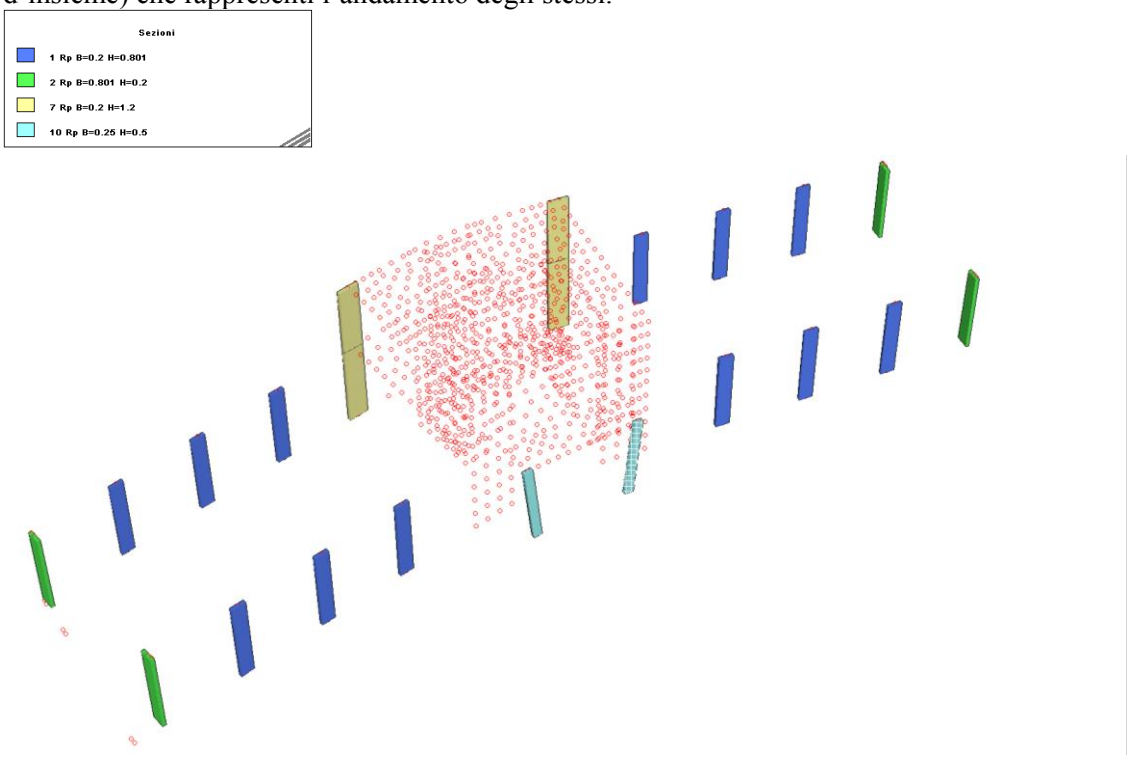


5.1.2 PARETI

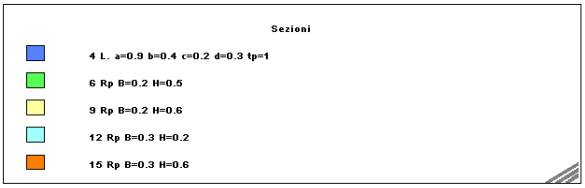


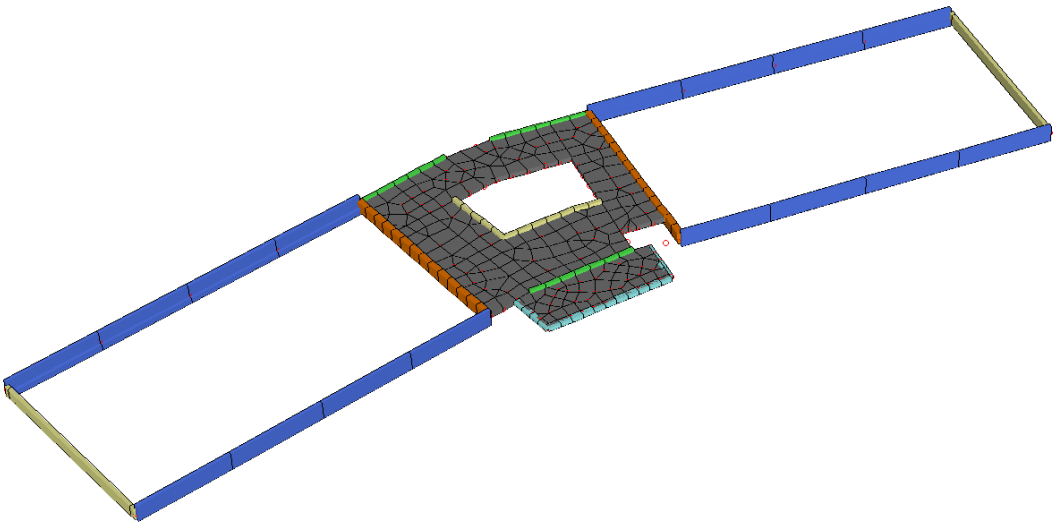
5.1.3 SETTI E PILASTRI

Riportiamo le dimensioni dei pilastri con una vista in prospettiva (della stessa angolazione della vista d'insieme) che rappresenti l'andamento degli stessi.

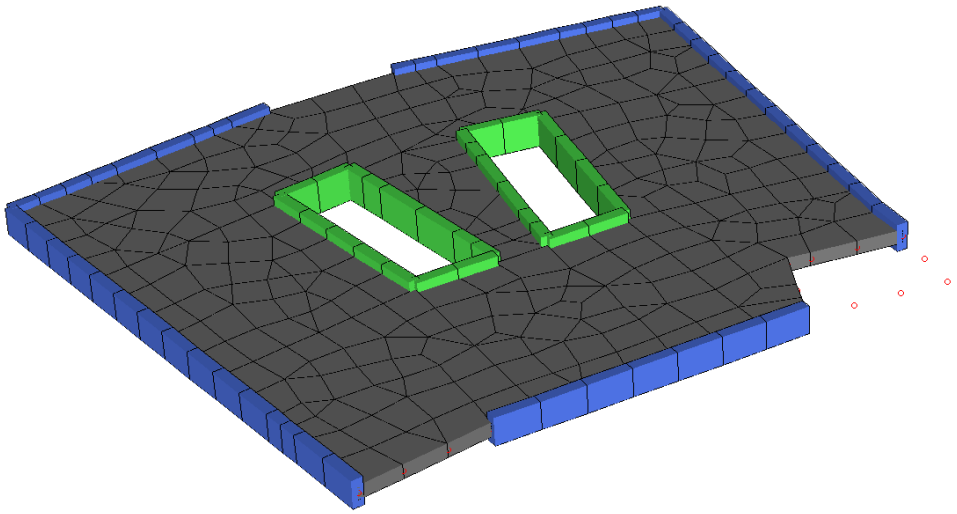


5.1.4 TRAVI SOLAIO PRIMO LIVELLO





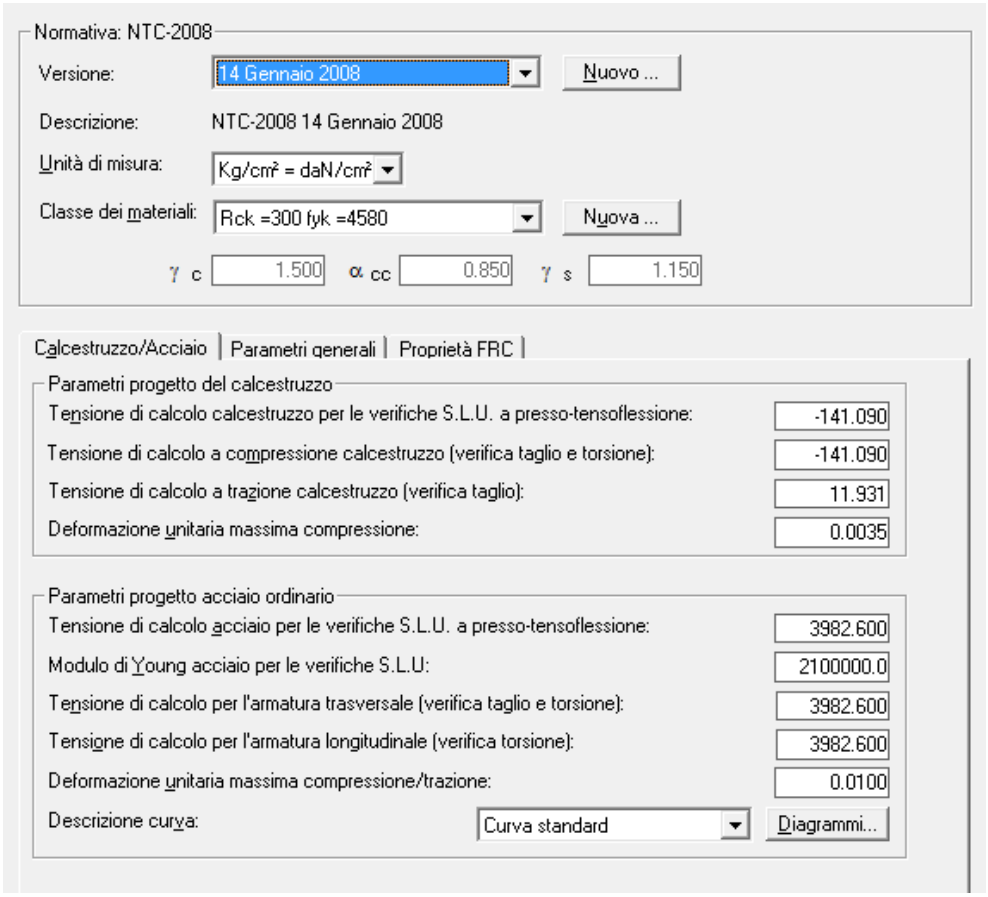
5.1.5 TRAVI SOLAIO SECONDO LIVELLO



5.2 CARATTERISTICHE FISICHE DEI MATERIALI

5.2.1 CALCESTRUZZO E ACCIAIO DA ARMATURA CLS IN OPERA

Si utilizza del calcestruzzo classe C25/30 (ex Rck 300) e le barre ad aderenza migliorata B450C (ex FeB44k) per le zone di nuova costruzione pertanto sono state impostate le seguenti caratteristiche all'interno del programma di verifica inerenti i calcoli a SLU:



6. ANALISI DEI CARICHI

Sulla struttura gravano il peso proprio, il carico della neve ed i carichi permanenti e variabili trasmessi dagli orizzontamenti e dai tamponamenti, nonché le azioni orizzontali dovute al sisma e alla spinta delle terre.

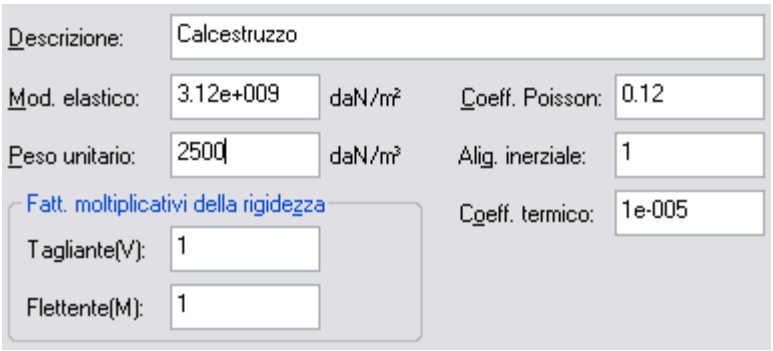
6.1 CARICHI ACCIDENTALI:

Come carichi gravitazionali variabili, si considerano quelli dati dalle Norme Tecniche e pari a:

300 daN/mq per i solai adibiti ad uso scolastico (comprese coperture praticabili)
400 daN/mq per le scale
150 daN/mq per la neve

6.2 CARICHI PERMANENTI

I carichi permanenti sono costituiti innanzi tutto dai pesi propri dei materiali impiegati per i vari elementi strutturali e sono calcolati automaticamente dal programma in funzione del volume dell'elemento e del peso specifico impostato, tale valore nel caso del calcestruzzo armato è stato così impostato:

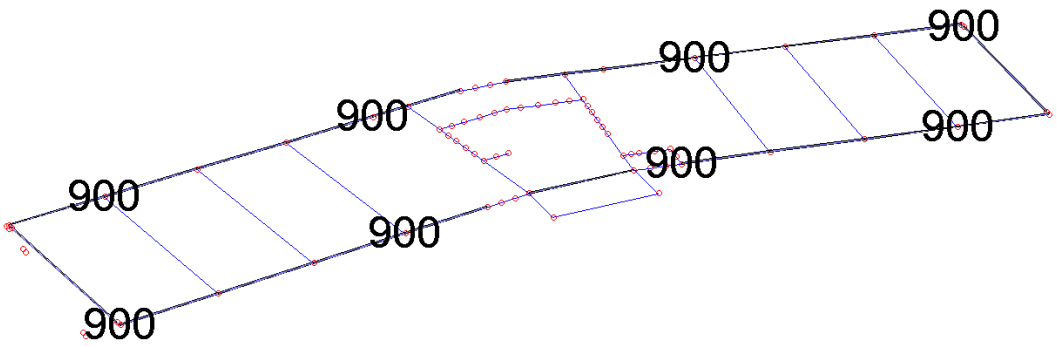


565 daN/mq per i solai tegoli 50 +10 getto
460 daN/mq permanente solaio tipo
400 daN/mq permanente solaio centrale primo livello
100 daN/mq permanente solaio centrale secondo livello
210 daN/mq permanente solaio centrale terrazzo
30 daN/mq permanente lucernai
900 daN/m Tamponamento

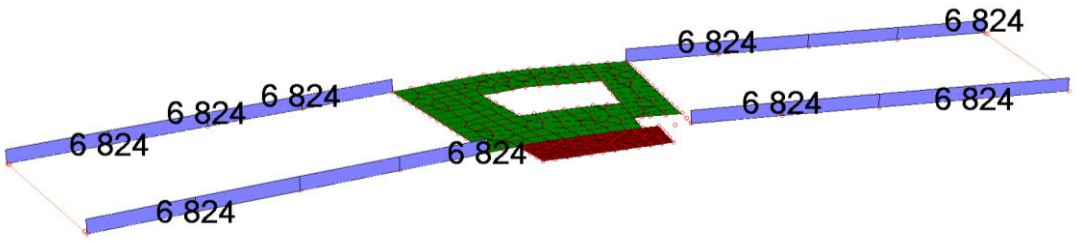
6.3 INSERIMENTO DEI CARICHI NEL MODELLO

Nell'immagine sono riportati i diagrammi relativi i carichi distribuiti sulle travi e sui cordoli, calcolati con i valori riportati precedentemente moltiplicati per le rispettive luci di influenza.
Le unità di misure dei diagrammi sono espresse in daN per le forze e m per le lunghezze.
I valori numerici saranno riportati esaustivamente negli allegati di calcolo.

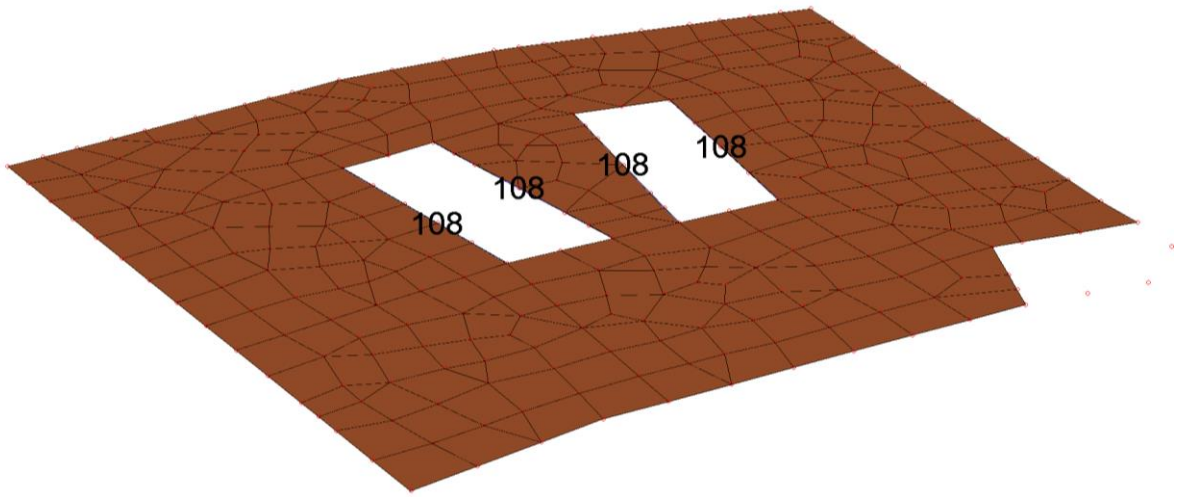
Riportiamo alcuni valori significativi dei carichi a metro di trave gravanti sulle travi del livello di fondazione:



Riportiamo alcuni valori significativi dei carichi a metro di trave gravanti sulle travi del primo livello:



Riportiamo alcuni valori significativi dei carichi a metro di trave gravanti sulle travi del secondo livello:



6.4 AZIONE SISMICA

L'azione sismica è stata introdotta attraverso l'analisi dinamica modale del modello creato in SAP. Sono stati in particolare analizzati i primi 25 modi di vibrazione per soddisfare il requisito di avere una percentuale di massa partecipante superiore al 85 %.

INTESTAZIONE E DATI CARATTERISTICI DELLA STRUTTURA

Nome dell'archivio di lavoro	**Asilodimasone**
Intestazione del lavoro	**Asilodimasone**
Tipo di struttura	Nello Spazio
Tipo di analisi	Statica e Dinamica
Tipo di soluzione	Lineare
Unita' di misura delle forze	kg
Unita' di misura delle lunghezze	m
Normativa	NTC/2008

NORMATIVA

Vita nominale costruzione	50 anni
Classe d'uso costruzione	III
Vita di riferimento	75 anni
Spettro di risposta	Stato limite ultimo slv
Probabilita' di superamento periodo di riferimento	10
Tempo di ritorno del sisma	712 anni
Localita'	masone
ag/g	0.073
F0	2.54
Tc	0.29
Categoria del suolo	B
Fattore topografico	1

STATO LIMITE ULTIMO

Coefficiente di smorzamento	5%
Eccentricita' accidentale	5%
Numero di frequenze	25
Fattore q di struttura per sisma orizzontale	qor=3.3
Duttilita'	Bassa Duttilita'

PARAMETRI SISMICI

Angolo del sisma nel piano orizzontale	0
Sisma verticale	Assente
Combinazione dei modi	CQC
Combinazione componenti azioni sismiche	NTC 2008 - Eurocodice 8
λ	0.3
μ	0.3

6.5 COMBINAZIONI ANALIZZATE

NORMATIVA: NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI - D.M. 14/01/2008 (STATICO E SISMICO)

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
1	Dinamica	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 4	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000
2	Statica	Azione sismica: Sisma assente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.300
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.300
			Variabile: Uffici	Condizione 3	1.500
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 4	1.500
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.500

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE D'ESERCIZIO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
3	Rara	Tipologia: Rara	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	1.000
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 4	1.000
			Variabile: Neve	Condizione 2	1.000
4	Frequente	Tipologia: Frequente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.500
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 4	0.700
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.200
5	Quasi permanente	Tipologia: Quasi permanente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 4	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

COMBINAZIONI PER LE VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DANNO

Num.	Descrizione	Parametri	Tipo azione/categoria	Condizione	Moltiplicatore
6	S.L.D.	Azione sismica: Presente	Permanente: Peso Proprio	Condizione peso proprio	1.000
			Permanente: Permanente portato	Condizione 1	1.000
			Variabile: Uffici	Condizione 3	0.300
			Variabile: Aree di acquisto e congresso	Condizione 4	0.600
			Variabile: Neve	Condizione 2	0.000

7. ANALISI COMPUTAZIONALE

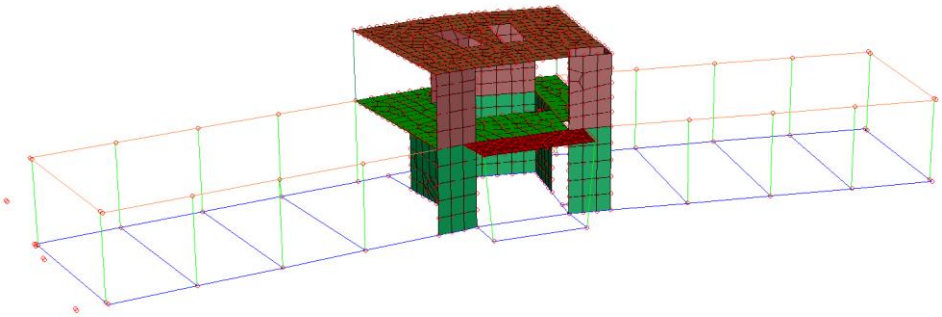
Come detto, le analisi via-via indicate sono state svolte utilizzando il programma MasterSap TOP dello Studio Software AMV s.r.l. di comprovata affidabilità nel campo dell'ingegneria strutturale.

7.1 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

Il modello di calcolo è stato impostato in modo da rappresentare adeguatamente la distribuzione di massa e di rigidezza effettiva.

7.2 CREAZIONE DEL MODELLO

La struttura è stata discretizzata posizionando i nodi costituenti il telaio e generando tra loro i vari elementi trave e pilastro oltre che setto o soletta piena. Ad ogni elemento sono state assegnate le caratteristiche geometriche (spessori), meccaniche (proprietà dei materiali) già discusse precedentemente e quindi i carichi (con le rispettive aliquote dinamiche).
I solai sono stati considerati infinitamente rigidi nel loro piano.
E' stata considerata la connessione rigida tra il solaio del primo livello e la soletta piena in prossimità della loro congiunzione.



Le travi di fondazione sono state modellate come elementi gravanti su un vincolo di opportuna rigidezza derivante dalla caratterizzazione del terreno "alla Winkler".

8. ANALISI DEI RISULTATI

Si riporteranno per via grafica i risultati ottenuti dall'analisi sia statica che dinamica del modello: si preferisce percorrere questa via piuttosto della semplice stampa del listato del programma in quanto riteniamo che sia più facilmente leggibile ed interpretabile rispetto alla sola stampa (di centinaia di pagine) dei risultati numerici.
I risultati numerici saranno comunque visibili negli allegati relativi ai listati di stampa.

8.1 SOLLECITAZIONI NELLE STRUTTURE BIDIMENSIONALI:

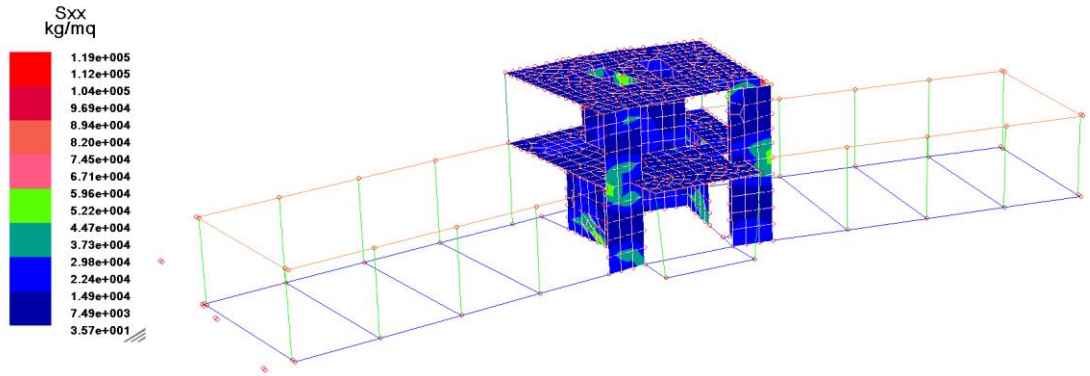
Essendo il vano scala ascensore e i setti formati da elementi guscio le tensioni sono sollecitazioni unitarie così suddivise:

- Tensione membranale Sxx
- Tensione membranale Syy
- Tensione membranale Sxy
- Momento unitario lungo "x" Mxx
- Momento unitario lungo "y" Myy
- Momento torcente unitario Mxy

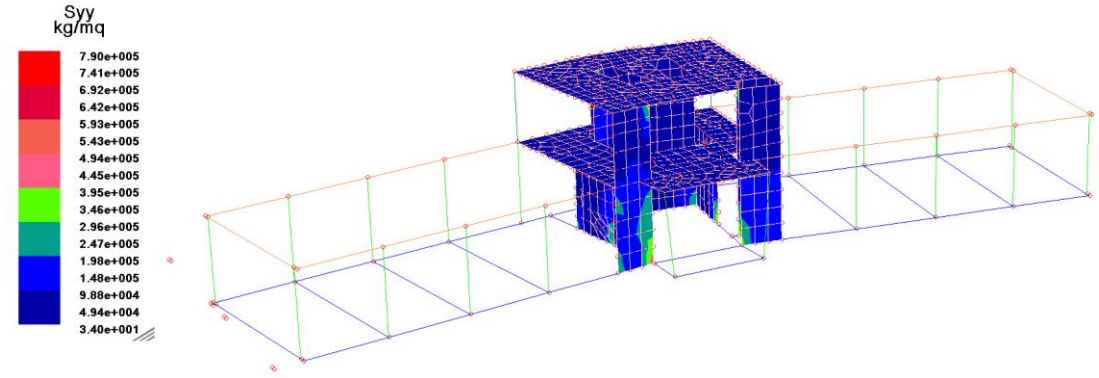
La mappa di colore si genera automaticamente tra il valore max e min riscontrato dall'analisi e rappresenta l'interpolazione dei valori medi calcolati nei nodi.
Gli assi che sono stati citati sono gli assi globali.
Si riporteranno, in valore assoluto, i valori derivanti dall'inviluppo tra le sollecitazioni non sismiche e le combinazioni sismiche discusse precedentemente.

Le unità di misure dei diagrammi sono espresse in daN per le forze e cm per le lunghezze.

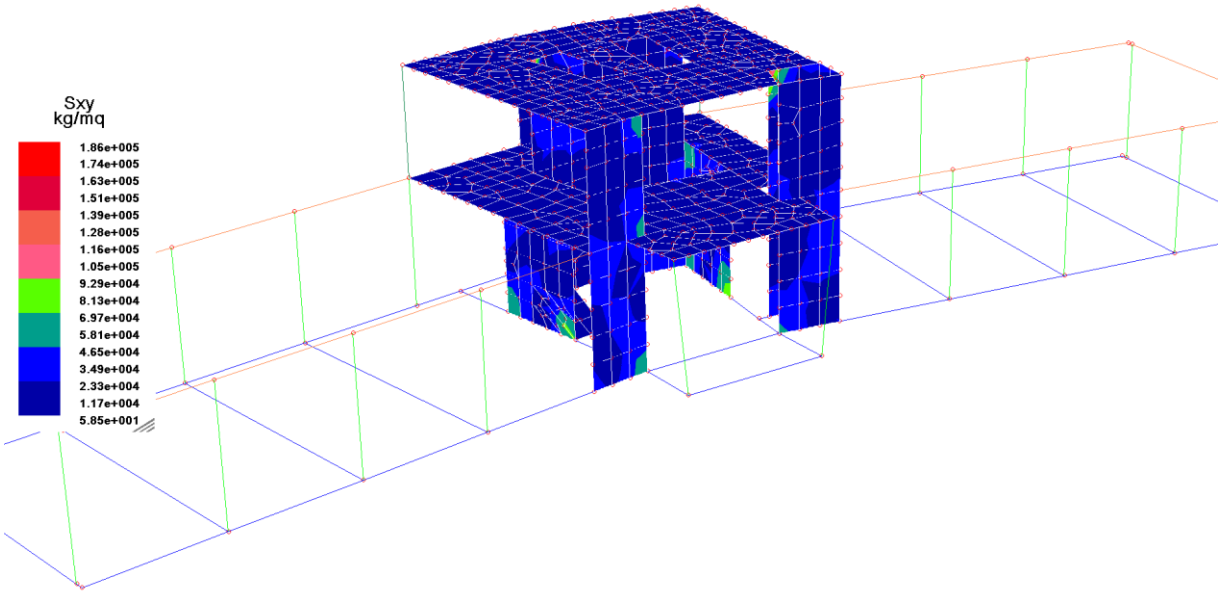
Tensione membranale Sxx



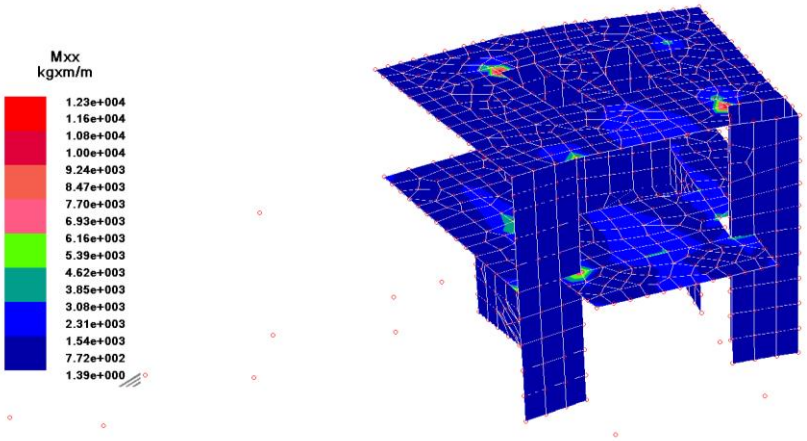
Tensione membranale Syy



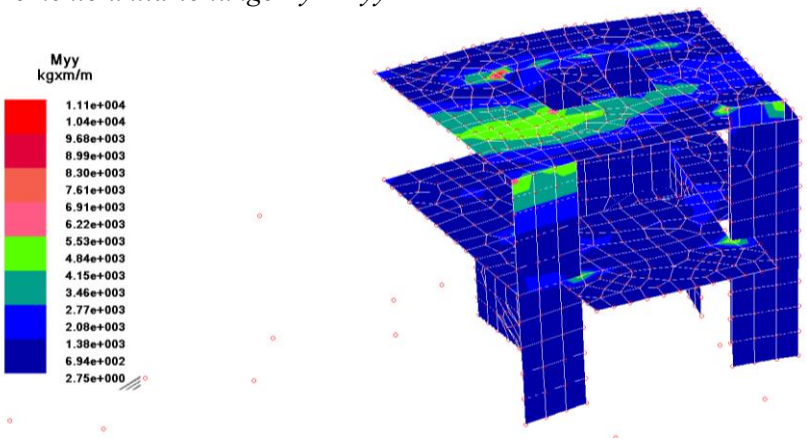
Tensione membranale Sxy



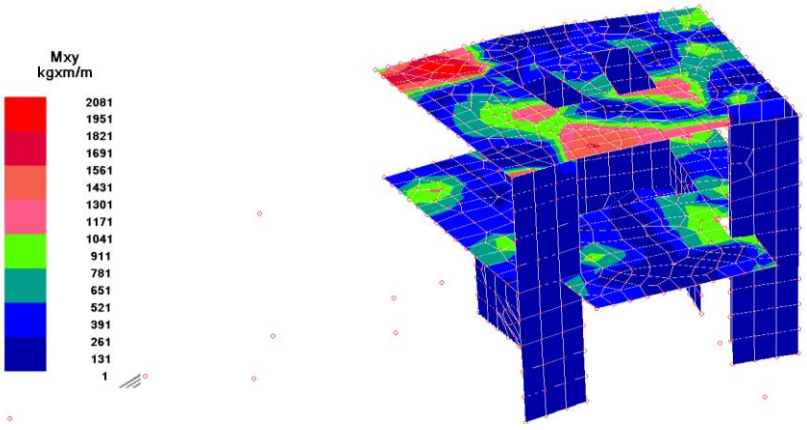
Momento unitario lungo "x" Mxx



Momento unitario lungo "y" Myy



Momento unitario lungo "y" Mxy

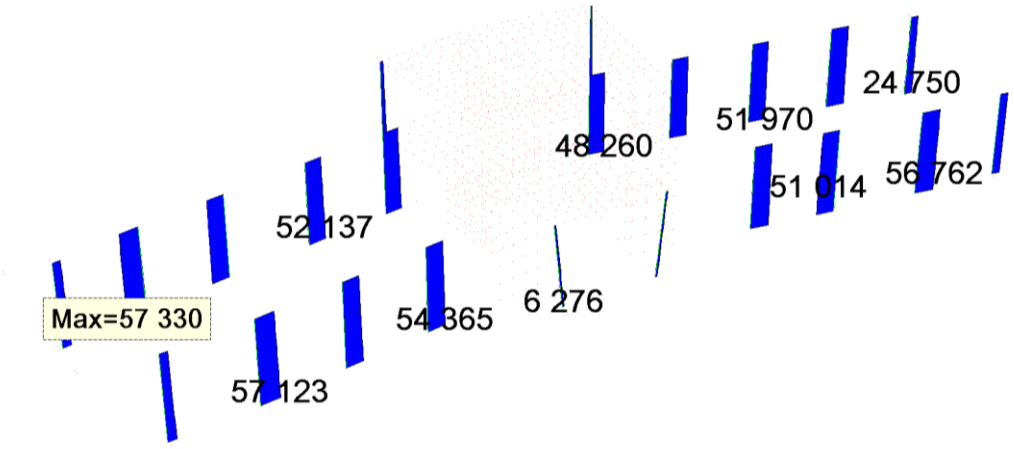


8.2 SOLLECITAZIONI NELLE STRUTTURE MONODIMENSIONALI:

Si riportano i diagrammi delle sollecitazioni calcolati mediante l'analisi numerica, tali valori sono comunque stati controllati anche con semplici calcoli manuali per verificarne l'attendibilità.
Si riporteranno, in valore assoluto, i valori derivanti dall'inviluppo tra le combinazioni a SLU e SLE e le sollecitazioni non sismiche e sismiche discusse precedentemente.
Le unita di misure dei diagrammi sono espresse in daN per le forze e cm per le lunghezze.

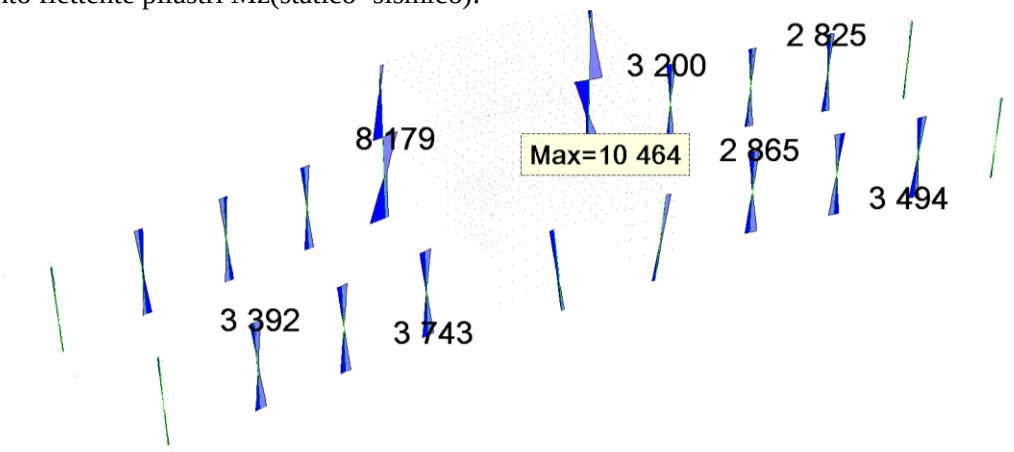
Riportiamo i valori delle sollecitazioni degli elementi più sollecitati, i valori completi sono visionabili negli allegati di calcolo.

Sforzo Normale (statico+sismico):

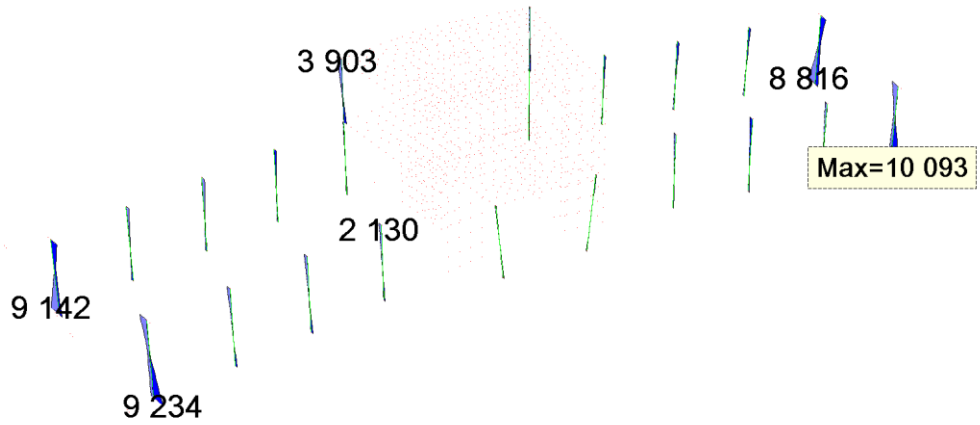


Riportiamo i diagrammi con i valori massimi più significativi:

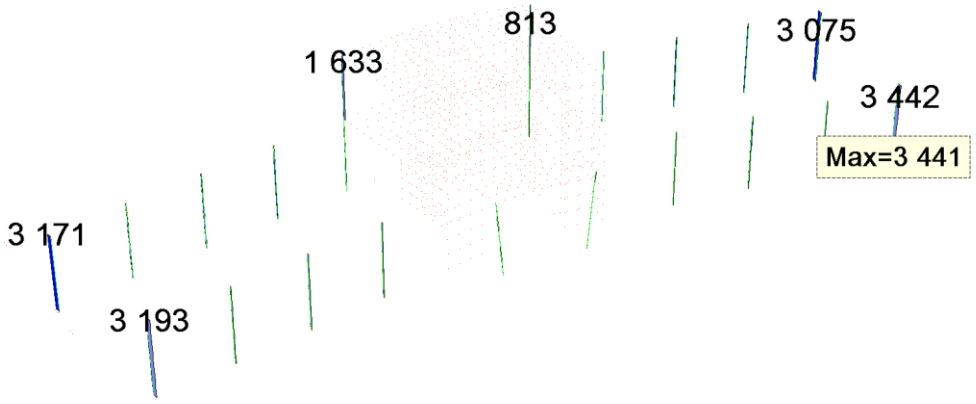
Momento flettente pilastri Mz(statico+sismico):



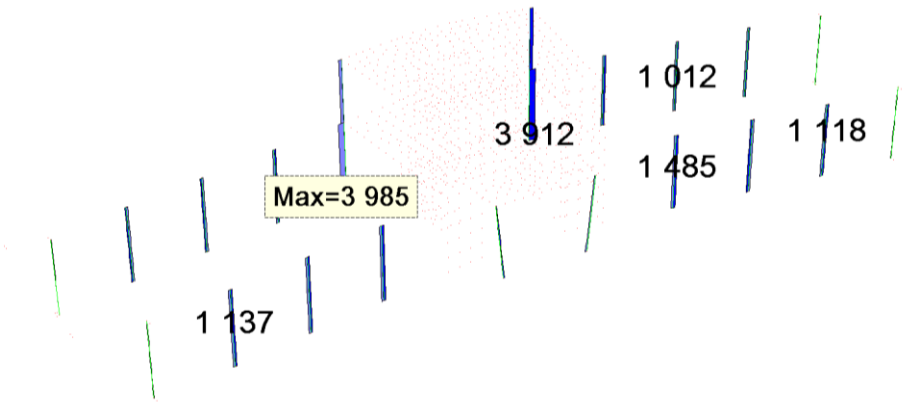
Momento flettente pilastri My (statico+sismico):



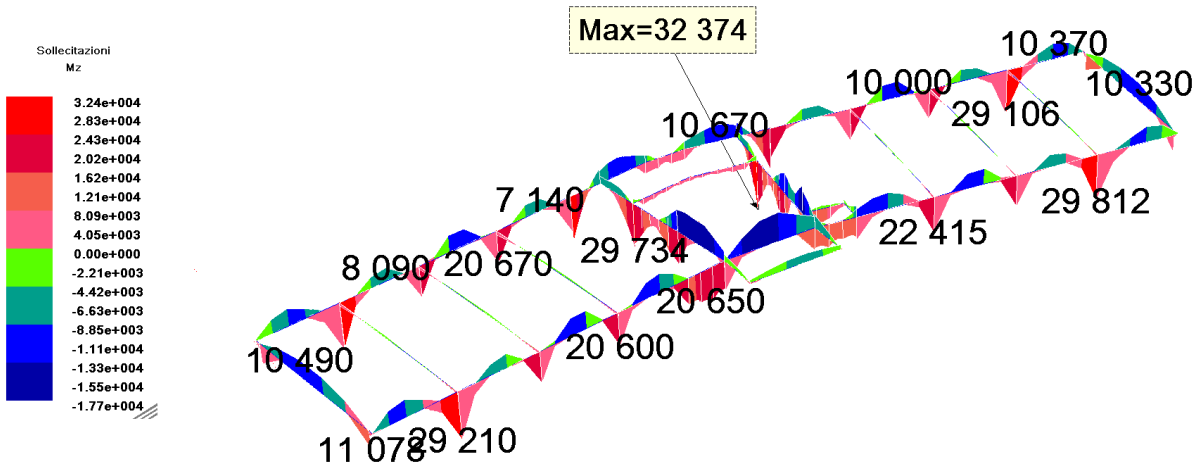
Taglio pilastri FZ (statico+sismico):



Taglio pilastri Fy (statico+sismico):



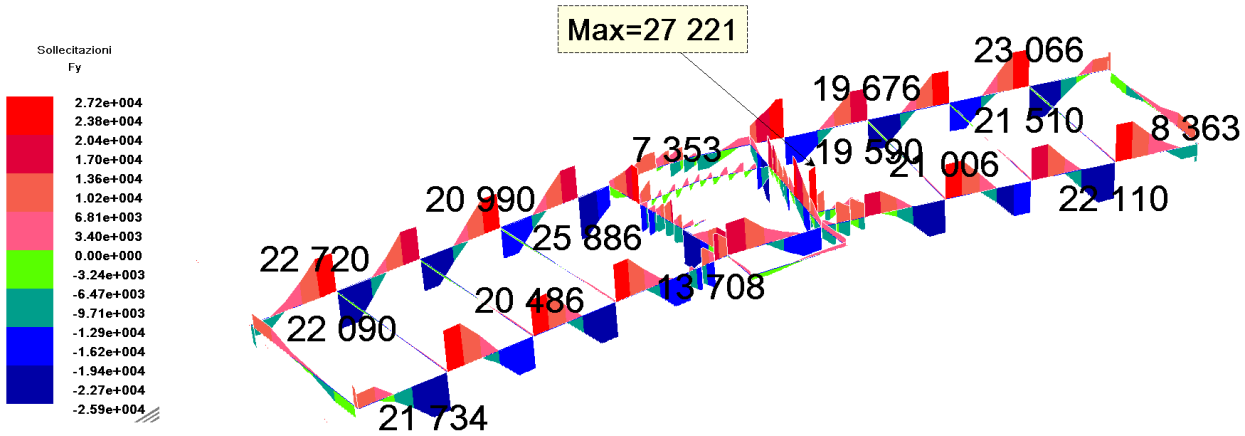
Momento flettente travi fondazione Mz(statico+sismico):



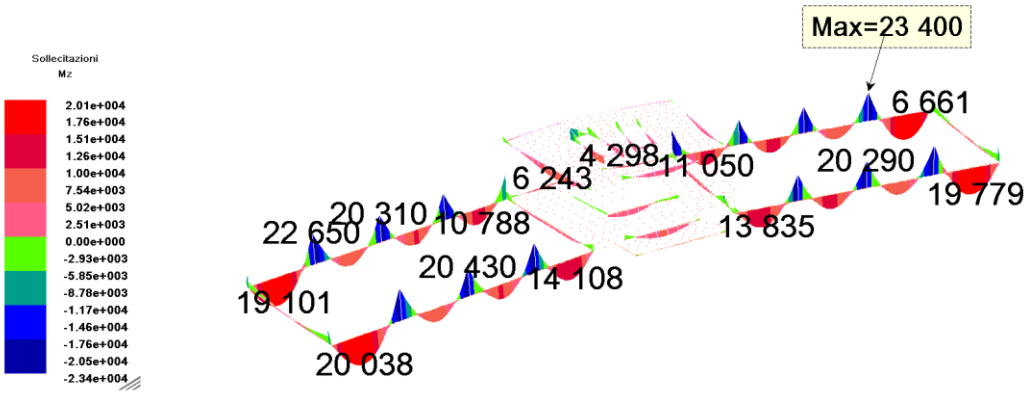
Momento flettente travi fondazione My (statico+sismico):
Ininfluente

Taglio travi fondazione FZ (statico+sismico):
Ininfluente

Taglio travi fondazione Fy (statico+sismico):



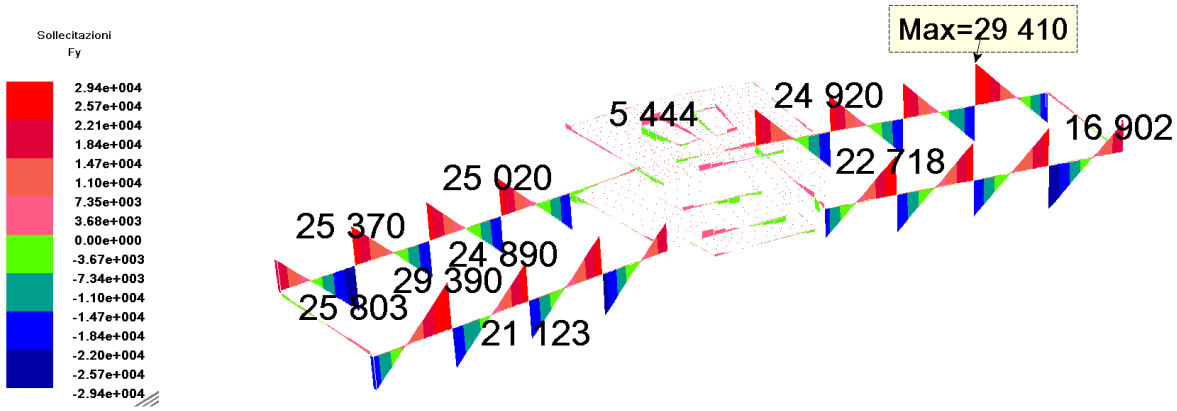
Momento flettente travi primo e secondo livello Mz(statico+sismico):



Momento flettente travi primo e secondo livello My (statico+sismico):
Ininfluente

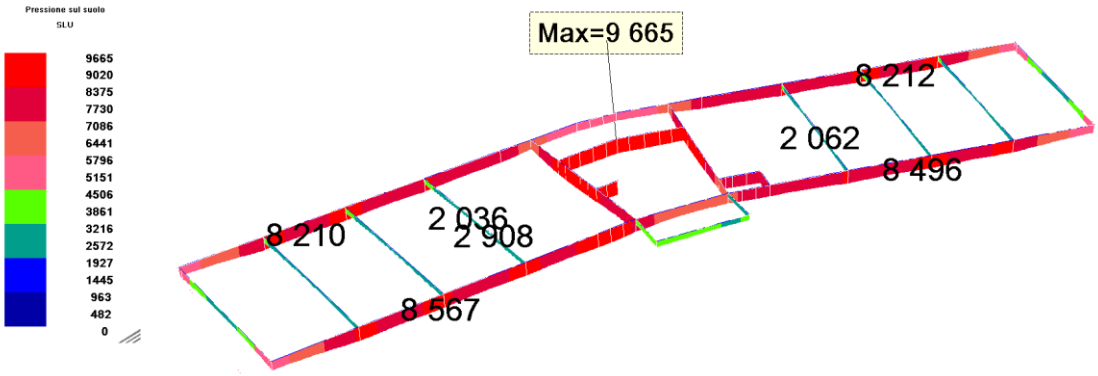
Taglio travi primo e secondo livello FZ (statico+sismico):
Ininfluente

Taglio travi primo e secondo livello Fy (statico+sismico):



8.3 REAZIONI TRASMESSE ALLE FONDAZIONI

Le reazioni delle travi di fondazione sono state calcolate considerandola su vincolo elastico, riportiamo i valori di inviluppo in daN delle combinazioni a SLU:



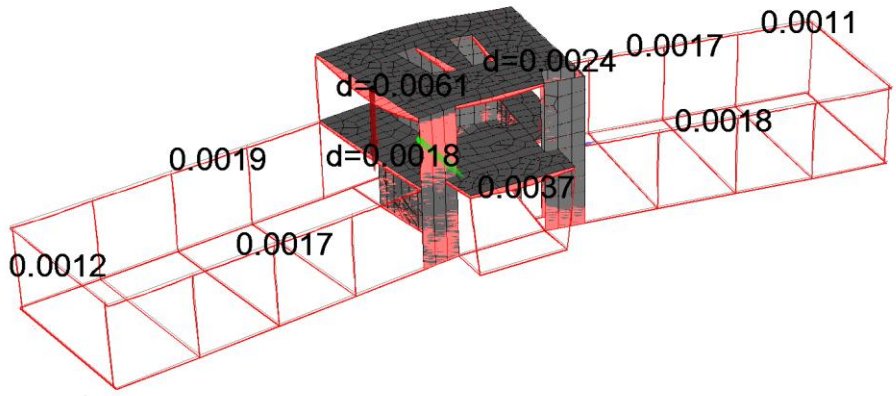
Come si può notare i valori massimi sono intorno a 0.96 daN/cmq a SLU.

I valori sono inferiori a quelli ammissibili dai calcoli di capacità portante (vedere allegato).

8.4 VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI E DELLE DEFORMAZIONI

8.4.1 INVILUPPI STATICI

Riportiamo le deformata a SLE in combinazione rara della struttura in c.a. (in rosso) rispetto all'indeformata (in grigio), la deformazione è amplificata di un fattore 50. (misure in *m*)



Massime deformazioni tra i nodi visibili:

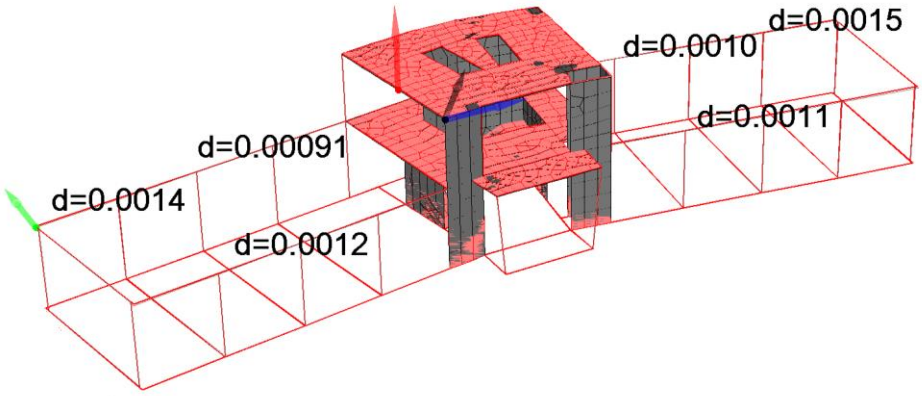
Massime deformazioni al nodo 483	**d=**0.0081	dx=-0.0000	dy=0.0002	dz=-0.0081
Direzione x: nodo 119		**dx=**0.0002	dy=0.0001	dz=-0.0013
Direzione y: nodo 317		**dy=**-0.0009	dx=0.0002	dz=-0.0016
Direzione z: nodo 483		**dz=**-0.0081	dx=-0.0000	dy=0.0002

Massimo spostamento assoluto nel punto contrassegnato dalla freccia rossa.
I valori massimi calcolati per le diverse combinazioni rientrano pienamente nei valori raccomandati dalla pratica ingegneristica.

8.4.2 INVILUPPI DINAMICI

Riportiamo le deformata della struttura (in rosso) rispetto all'indeformata (in grigio), la deformazione è amplificata di un fattore 100.

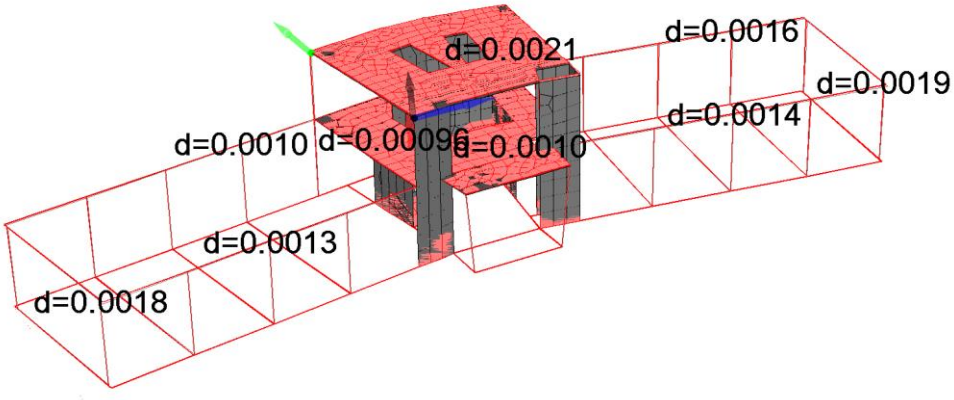
Caso sisma 100%x+30%y



Massime deformazioni tra i nodi visibili:

Massime deformazioni al nodo 66 **d=**0.0018 dx=0.0011 dy=0.0013 dz=0.0002
Direzione x: nodo 66 **dx=**0.0011 dy=0.0013 dz=0.0002
Direzione y: nodo 81 **dy=**0.0016 dx=0.0004 dz=0.0001
Direzione z: nodo 483 **dz=**0.0006 dx=0.0008 dy=0.0014

Caso sisma 100%y+30%x



Massime deformazioni tra i nodi visibili:

Massime deformazioni al nodo 66 **d=**0.0026 dx=0.0011 dy=0.0023 dz=0.0002
Direzione x: nodo 66 **dx=**0.0011 dy=0.0023 dz=0.0002
Direzione y: nodo 52 **dy=**0.0024 dx=0.0005 dz=0.0001
Direzione z: nodo 134 **dz=**0.0005 dx=0.0003 dy=0.0006

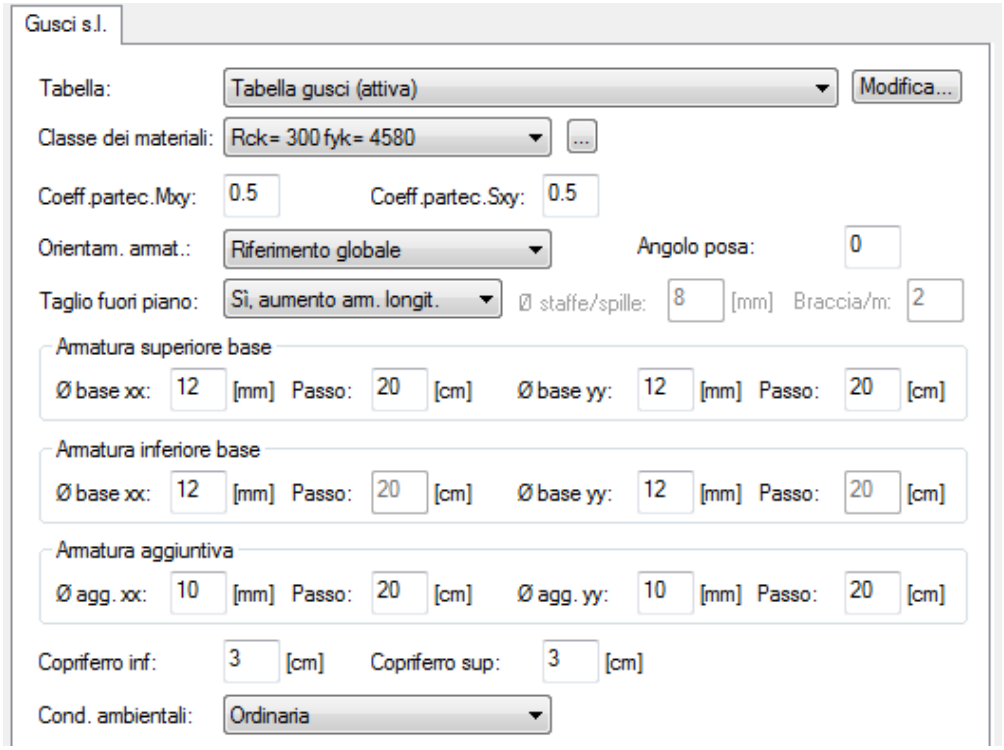
9. VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI:

9.1 VERIFICA DELLE STRUTTURE IN C.A. BIDIMENSIONALI

A partire dai valori delle sollecitazioni ottenute dall'analisi del modello sono state condotte le verifiche degli elementi in automatico verificando perciò i gusci a presso flessione deviata.
L'analisi evidenzierà le eventuali zone dove l'armatura di base impostata è insufficiente e indicherà la quantità di armatura da aggiungere.

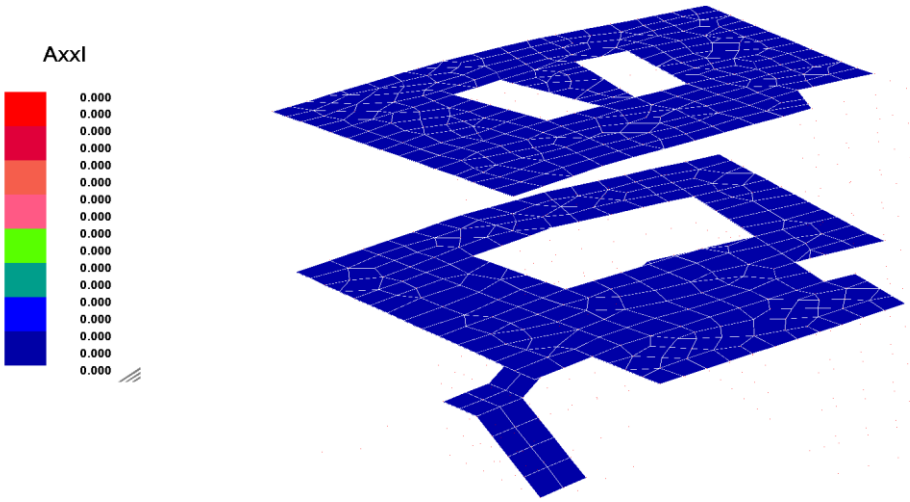
Sono state pertanto inserite nel programma MasterSap TOP 2006 le seguenti tabelle di verifica:

Per le solette piene:



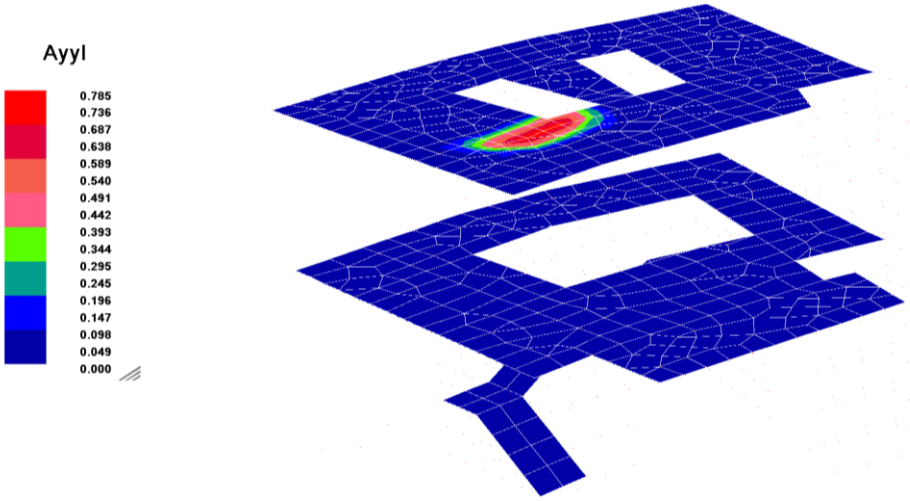
Solette e platee

Armatura aggiuntiva nel lato Inferiore in direzione x:



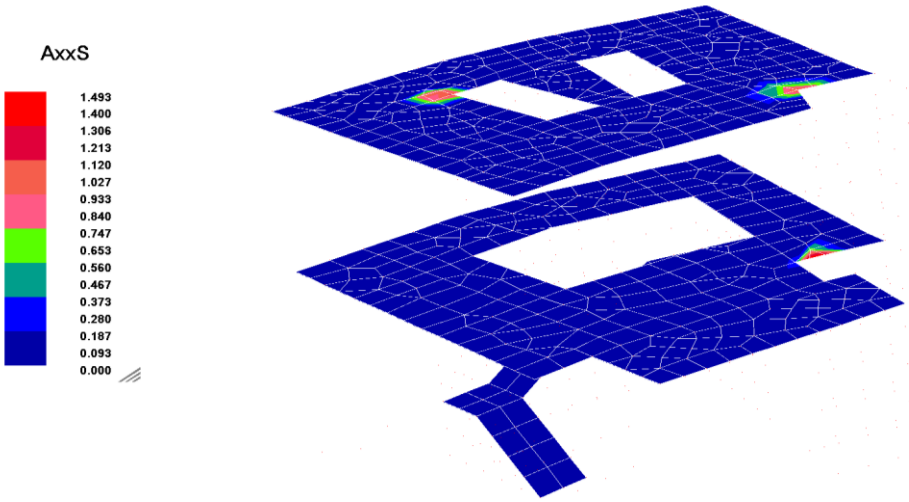
L'analisi ha evidenziato come le armature di base riportate nelle tabelle di verifica siano sufficienti per verificare la struttura in tutti i punti colorati di blu scuro;

Armatura aggiuntiva nel lato Inferiore in direzione y:



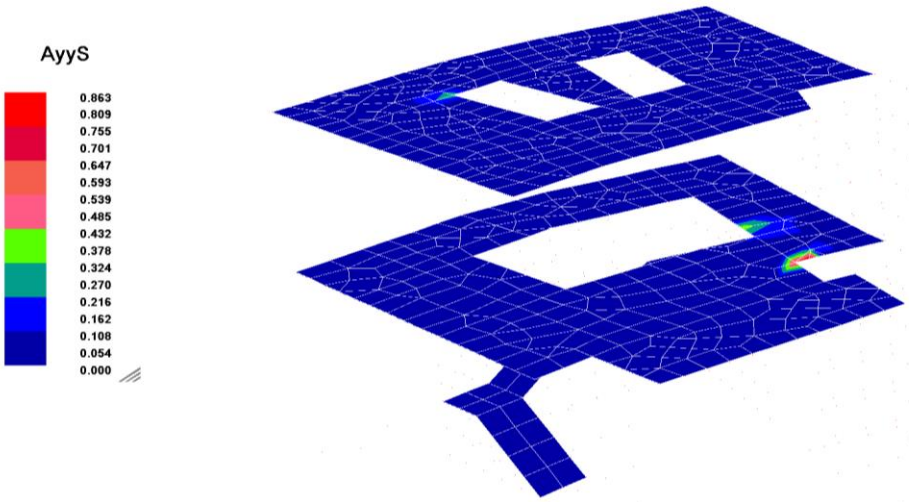
L'analisi ha evidenziato come le armature di base riportate nelle tabelle di verifica siano sufficienti per verificare la struttura in tutti i punti colorati di blu scuro; altrove, dove la mappa di colore indica un colore diverso, dovrà essere aggiunta una quantità di armatura aggiuntiva pari al valore rappresentato in legenda ed espresso in cmq di armatura ogni 20cm.

Armatura aggiuntiva nel lato Superiore in direzione x:



L'analisi ha evidenziato come le armature di base riportate nelle tabelle di verifica siano sufficienti per verificare la struttura in tutti i punti colorati di blu scuro; altrove, dove la mappa di colore indica un colore diverso, dovrà essere aggiunta una quantità di armatura aggiuntiva pari al valore rappresentato in legenda ed espresso in cmq di armatura ogni 20 cm.

Armatura aggiuntiva nel lato Superiore in direzione y:



L'analisi ha evidenziato come le armature di base riportate nelle tabelle di verifica siano sufficienti per verificare la struttura in tutti i punti colorati di blu scuro; altrove, dove la mappa di colore indica un colore diverso, dovrà essere aggiunta una quantità di armatura aggiuntiva pari al valore rappresentato in legenda ed espresso in cmq di armatura ogni 20 cm.

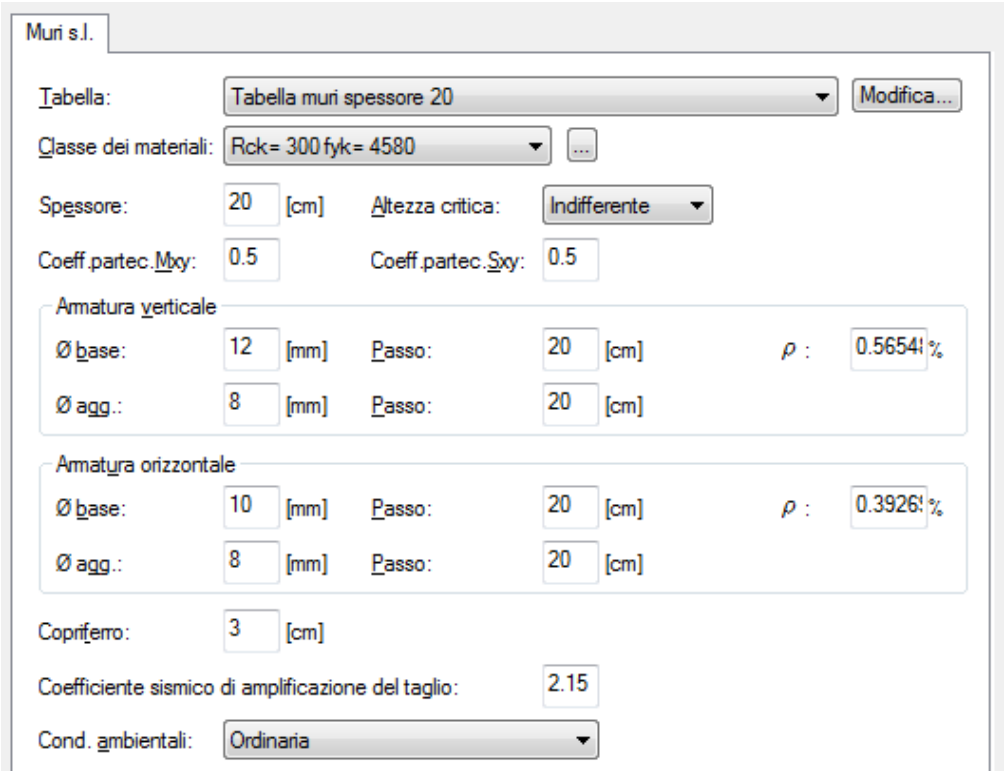
Si rimanda alla lettura degli allegati con le stampe dei listati del programma dove si potrà visionare tutti i dati inseriti ed i risultati ottenuti.

9.2 VERIFICA DELLE STRUTTURE IN C.A. BIDIMENSIONALI (PARETI)

A partire dai valori delle sollecitazioni delle pareti in c.a. ottenute dall'analisi del modello sono state condotte le verifiche degli elementi in automatico verificando perciò le pareti e i gusci a presso flessione deviata.
Per ciò che concerne le sollecitazioni di calcolo è stata applicata per i setti la redistribuzione delle sollecitazioni dovuta all'applicazione della gerarchia delle resistenze calcolandoli nell'ipotesi di setti snelli, nelle pareti estese debolmente amate (pareti tozze) è invece stato amplificato il taglio di un fattore pari a (q+1)/2 dove q è il fattore di struttura.
Sono state pertanto inserite delle tabelle di verifica contenenti le dimensioni degli elementi e i diametri dei ferri con i rispettivi passi costituenti le griglie di armatura per poter condurre le verifiche agli stati limite.
L'analisi evidenzierà le eventuali zone dove l'armatura di base impostata è insufficiente e indicherà la quantità di armatura da aggiungere.

Sono state pertanto inserite nel programma MasterSap TOP 2006 le seguenti tabelle di verifica:

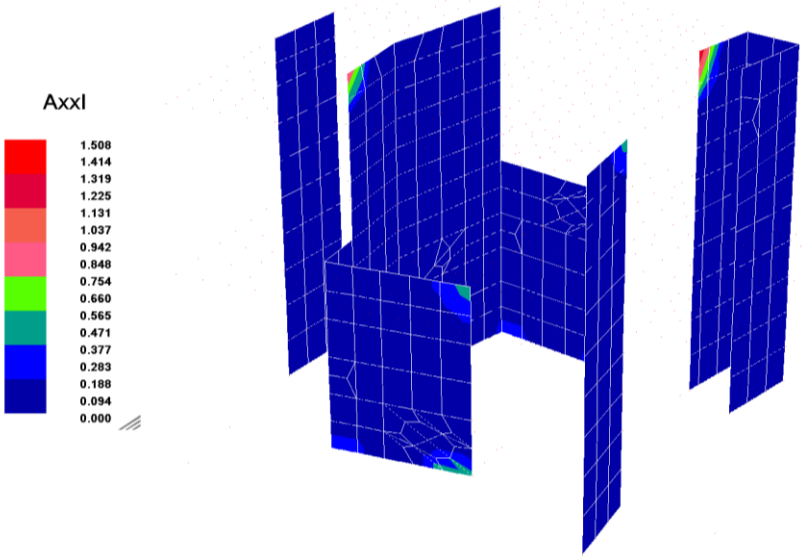
Pareti (tozze) con dimensione pari a 20 cm di spessore



La tabella riassume le scelte sopra esposte.
Ovvero un armatura realizzata da una maglia composta da 1ϕ12/20 in verticale ed un 1ϕ10/20 in orizzontale tale maglia rappresenta la maglia di base che verrà eventualmente integrata con i ferri d'armatura risultanti dall'analisi e da ferri di rinforzo disposti negli angoli e spigoli.

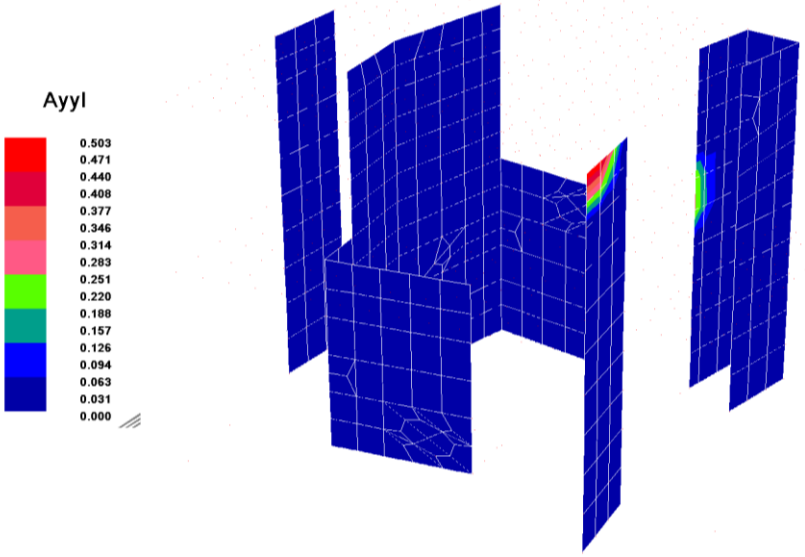
A partire da queste armature di base sono state condotte le verifiche agli stati limite, che hanno portato ai seguenti risultati:

Pareti:
Armatura aggiuntiva nel lato inferiore direzione orizzontale:



L'analisi ha evidenziato come le armature di base riportate nelle tabelle di verifica siano sufficienti per verificare la struttura in tutti i punti colorati di blu scuro; altrove, dove la mappa di colore indica un colore diverso, dovrà essere aggiunta una quantità di armatura aggiuntiva pari al valore rappresentato in legenda ed espresso in cmq di armatura ogni 20cm.
(vedere disegni esecutivi per l'orditura aggiuntiva)

Armatura aggiuntiva nel lato inferiore direzione verticale:



L'analisi ha evidenziato come le armature di base riportate nelle tabelle di verifica siano sufficienti per verificare la struttura in tutti i punti colorati di blu scuro; altrove, dove la mappa di colore indica un colore diverso, dovrà essere aggiunta una quantità di armatura aggiuntiva pari al valore rappresentato in legenda ed espresso in cmq di armatura ogni 20cm.
(vedere disegni esecutivi per l'orditura aggiuntiva)

10. CONCLUSIONI

Le verifiche riportate hanno dimostrato che la struttura così progettata è idonea a sostenere le azioni sia statiche che sismiche ed i carichi di progetto nel rispetto delle normative vigenti.

Il progettista strutturale
ing. Giovanni G. Canepa