

**SeismoBuild** 2026

Manuale Utente





# Copyright

Copyright © 2002-2026 Seismosoft Srl. Tutti i diritti riservati.

SeismoBuild® è un marchio registrato di Seismosoft Srl. Il programma e tutta la documentazione ad esso associata sono protetti dalle leggi sul copyright.

Nessuna parte del presente manuale può essere riprodotta o distribuita in qualunque forma o con qualsiasi mezzo, senza una preventiva ed esplicita autorizzazione. L'autorizzazione deve essere richiesta per iscritto a Seismosoft:

Seismosoft Srl.  
Piazza Castello 19  
27100 Pavia (PV) - Italia  
e-mail: [info@seismosoft.com](mailto:info@seismosoft.com)  
website: [www.seismosoft.com](http://www.seismosoft.com)

Seismosoft si è impegnata perché le informazioni contenute in questo Manuale fossero il più possibile precise e declina ogni responsabilità per eventuali errori di stampa.

La citazione di prodotti di terze parti è fatta al solo scopo informativo e non costituisce alcun impegno o raccomandazione.

---

## COME CITARE L'UTILIZZO DEL SOFTWARE

Per citare il presente software in una qualsiasi pubblicazione (articoli scientifici, report tecnici, libri di testo, tesi, ecc.), si prega di utilizzare un'espressione del tipo: *Seismosoft [2026] "SeismoBuild 2026 – A computer program for seismic assessment and retrofitting of RC structures," available from <https://seismosoft.com/>.*



# Indice

<b>Introduzione.....</b>	<b>12</b>
<b>Generale.....</b>	<b>13</b>
Requisiti di Sistema .....	13
Installare/Disinstallare il software .....	13
Apertura del Programma e Opzioni di Registrazione .....	14
<b>Avvio Rapido .....</b>	<b>16</b>
Tutorial n.1 – Valutazione di un edificio di due piani .....	16
Tutorial n.2 – Valutazione di un edificio di tre piani .....	47
Tutorial n.3 – Riabilitazione di un edificio di tre piani .....	61
Tutorial n.4 – Analisi Dinamica Non-Lineare di un edificio di tre piani .....	68
<b>Menu Principale di SeismoBuild .....</b>	<b>73</b>
Menu Principale e Barra degli Strumenti .....	73
Opzioni Immagine 3D .....	77
<i>Impostazioni di visualizzazione</i> .....	77
<i>Impostazioni di visualizzazione di base</i> .....	79
<i>Taglia per Piani</i> .....	80
<i>Operazioni aggiuntive</i> .....	80
<b>Modellatore Edifici .....</b>	<b>82</b>
Impostazioni di Modellazione .....	82
Finestra Principale del Modellatore Edifici .....	84
Inserimento di uno sfondo .....	85
Inserimento degli Elementi Strutturali .....	87
<i>Set di Materiali</i> .....	87
<i>Caricamento dei Membri</i> .....	89
<i>Proprietà Avanzate dell'Elemento</i> .....	89
<i>Parametri di Modellazione</i> .....	92
<i>Parametri di modellazione delle Fondazioni</i> .....	94
<i>Incamicatura</i> .....	94
<i>Isolatore</i> .....	95
<i>Fasciatura in FRP</i> .....	95
<i>Parametri del Terreno di Fondazione</i> .....	98
<i>Pilastrì</i> .....	99
<i>Pareti strutturali</i> .....	100
<i>Travi</i> .....	103
<i>Tamponature</i> .....	104
<i>Controventi in acciaio</i> .....	105
<i>Colonna in acciaio</i> .....	106
<i>Trave in acciaio</i> .....	107
<i>Solai</i> .....	110
<i>Solaio da perimetro</i> .....	113
<i>Estremità Solaio</i> .....	114
<i>Scale</i> .....	115
<i>Rampe</i> .....	117
Inserire i Carichi .....	119
<i>Carichi Puntuali</i> .....	119
<i>Carichi Lineari</i> .....	122
Inserire elementi di Fondazione .....	123

Plinti.....	123
Travi Rovescie.....	124
Travi di Collegamento.....	126
Strumenti di Modifica degli Elementi Strutturali.....	127
Creazione di Nuovi Piani.....	129
Visualizzazione Piano Modello 3D.....	130
Altre Funzioni del Modellatore Edifici.....	130
Salvataggio e Caricamento dei Progetti di SeismoBuild.....	132
<b>Modellazione Strutturale .....</b>	<b>134</b>
<b>Requisiti Normativi .....</b>	<b>136</b>
Stati Limite.....	136
Azione Sismica (Spettro Target).....	138
Tipologie di Analisi (Profilo di carico laterale o generazione di record) .....	139
Procedura Statica Lineare.....	139
Procedura Dinamica Lineare.....	140
Procedura Statica Non Lineare.....	141
Analisi Dinamica Non Lineare.....	141
Livello di Conoscenza .....	145
Azioni Statiche .....	145
Limiti del Drift Interpiano.....	146
Spostamento Target.....	147
Verifiche.....	147
<b>Parametri di Analisi e Modellazione.....</b>	<b>149</b>
Schemi di Impostazioni.....	149
Impostazioni Avanzate.....	150
Generale.....	151
Analisi.....	152
Elementi.....	154
Vincoli Interni .....	155
Criteri di Convergenza.....	156
Strategia Iterativa Globale.....	159
Strategia Iterativa dell'elemento.....	162
Gravità e Massa.....	163
Autovalori .....	164
Modellazione Avanzata dell'Edificio .....	166
Rigidità fessurata/non fessurata .....	168
Generazione di Record.....	169
Schema d'Integrazione.....	171
Smorzamento .....	173
<b>Analisi agli Autovalori .....</b>	<b>176</b>
Parametri dell'analisi agli autovalori .....	176
Processore.....	176
Post-Processore.....	177
Opzioni Grafico.....	178
Come creare un filmato dell'analisi .....	179
Visualizzatore della Deformata .....	181
Quantità Modali/di Massa.....	183
Passi di Output.....	185
Registri di Analisi .....	186
<b>Analisi lineari e non lineari.....</b>	<b>187</b>
Generale.....	187
Procedura Statica Lineare.....	187

Procedura Dinamica Lineare.....	188
Procedura Statica Non Lineare.....	189
Procedura Dinamica Non Lineare.....	189
Processore .....	190
Post-Processore .....	194
<i>Impostazioni del Post-Processore.....</i>	<i>196</i>
<i>Opzioni Grafico.....</i>	<i>196</i>
<i>Come creare un filmato dell'analisi.....</i>	<i>197</i>
<i>Spostamento Target.....</i>	<i>199</i>
<i>Visualizzatore della Deformata.....</i>	<i>200</i>
<i>Dettagli di Convergenza.....</i>	<i>201</i>
<i>Diagrammi delle Sollecitazioni.....</i>	<i>202</i>
<i>Parametri Risposta Globale.....</i>	<i>204</i>
<i>Sollecitazioni negli Elementi.....</i>	<i>208</i>
<i>Passi di Output.....</i>	<i>210</i>
<i>Registri di Analisi.....</i>	<i>210</i>
<b>Verifiche .....</b>	<b>212</b>
Rotazioni alla Corda degli Elementi.....	213
Momenti Flettenti Degli Elementi.....	214
Forze di Taglio degli Elementi .....	216
Deformazione Elementi (solo TBDY).....	218
Deformazioni a Trazione degli Elementi In Acciaio.....	219
Deformazione a Compressione degli Elementi In Acciaio.....	220
Forze di trazione degli Elementi In Acciaio.....	222
Forze di Compressione degli Elementi In Acciaio .....	223
Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio.....	224
Members Flettenti Degli Elementi in Acciaio.....	225
Forze Taglienti degli Elementi in Acciaio.....	226
Deformazioni a Taglio degli Elementi in Acciaio.....	228
Momenti Flettenti di Instabilità degli Elementi in Acciaio.....	229
Forze di Taglio dei Nodi (Eurocodici, ASCE 41-23& TBDY).....	230
Area delle Staffe Orizzontali nei Nodi (Solo Eurocodici) .....	232
Area di Armatura Verticale dei Nodi (solo Eurocodici).....	233
Duttilità dei Nodi .....	234
Trazione Diagonale nei Nodi (NTC & KANEPE).....	235
Compressione Diagonale nei Nodi (NTC & KANEPE) .....	236
Spostamenti Interpiano (ASCE 41-23&NTC).....	237
Rapporti tra PGA (solo NTC) .....	239
Classificazione del Rischio Sismico (solo NTC) .....	239
Capacità portante delle fondazioni (Eurocodice 8, NTC & KANEPE).....	240
Forze di scorrimento delle fondazioni (Eurocodice 8, NTC & KANEPE).....	241
Capacità a momento di rocking delle fondazioni (ASCE 41-23 & TBDY).....	242
Capacità di rotazione di rocking delle fondazioni (ASCE 41-23 & TBDY).....	244
Capacità a flessione delle fondazioni .....	245
Capacità a taglio delle fondazioni .....	246
Capacità a punzonamento delle fondazioni.....	248
Eccentricità delle Fondazioni .....	249
<b>Relazione.....</b>	<b>251</b>
Informazioni Generali.....	251
Elementi .....	255
Nodi Trave-Pilastro .....	257
Fondazioni.....	259
Modifica/Visualizza vista 3DCalcoli Dettagliati (Appendice) .....	261
<b>FRP Designer .....</b>	<b>264</b>

<b>Bibliografia</b> .....	<b>265</b>
<b>Appendice A – Codici</b> .....	<b>275</b>
<b>Appendice A.1 - EUROCODICI</b> .....	<b>275</b>
Tipologie di Analisi.....	275
Requisiti Prestazionali.....	276
<i>Stato Limite di Collasso (NC)</i> .....	276
<i>Stato Limite di Danno Significativo (SD)</i> .....	276
<i>Stato Limite di Danno Limitato (DL)</i> .....	276
Informazioni per la Valutazione Strutturale.....	276
<i>KL1: Conoscenza Limitata</i> .....	277
<i>KL2: Conoscenza Adeguata</i> .....	277
<i>KL3: Conoscenza Accurata</i> .....	277
<i>Coefficienti di Confidenza</i> .....	278
<i>Fattori di Sicurezza</i> .....	279
Modelli di Capacità per la Valutazione e le Verifiche di Sicurezza.....	279
<i>Capacità di deformazione</i> .....	279
<i>Capacità a momento flettente</i> .....	282
<i>Resistenza a taglio</i> .....	282
<i>Deformazione Assiale degli Elementi Metallici</i> .....	283
<i>Forze Assiali degli Elementi Metallici</i> .....	283
<i>Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio</i> .....	283
<i>Members Flettenti Degli Elementi in Acciaio</i> .....	283
<i>Forze Taglienti Degli Elementi in Acciaio</i> .....	284
<i>Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio</i> .....	284
<i>Forze di Taglio nei Nodi</i> .....	284
<i>Area delle Staffe Orizzontali nei Nodi</i> .....	284
<i>Area di Armatura Verticale dei Nodi</i> .....	285
<i>Duttilità dei Nodi</i> .....	285
<i>Capacità portante delle fondazioni</i> .....	285
<i>Forze di scorrimento delle fondazioni</i> .....	285
<i>Capacità a flessione delle fondazioni</i> .....	286
<i>Capacità a taglio delle fondazioni</i> .....	286
<i>Capacità a punzonamento delle fondazioni</i> .....	286
<i>Eccentricità delle fondazioni</i> .....	286
Curva di Capacità.....	286
Spostamento Target.....	286
<b>Appendice A.2 – ASCE</b> .....	<b>289</b>
Tipo di Analisi.....	289
Richieste di Prestazione.....	289
<i>Livello di Prestazione di Operatività (1-A)</i> .....	290
<i>Livello di Prestazione di Immediata Occupazione (1-B)</i> .....	290
<i>Livello di Prestazione di Salvaguardia della Vita (3-C)</i> .....	290
<i>Livello di Prestazione di Prevenzione del Collasso (5-D)</i> .....	290
Informazioni per la Valutazione Sismica.....	291
<i>Conoscenza minima</i> .....	291
<i>Conoscenza adeguata</i> .....	291
<i>Conoscenza completa</i> .....	291
<i>Fattori di Confidenza</i> .....	291
<i>Fattori di Sicurezza</i> .....	292
Modelli di Capacità per la Valutazione e le Verifiche di Sicurezza.....	292
<i>Capacità di Deformazione</i> .....	292
<i>Capacità a momento flettente</i> .....	293
<i>Resistenza a Taglio</i> .....	294

<i>Deformazioni Assiali in Elementi Metallici</i> .....	295
<i>Forze Assiali in Elementi Metallici</i> .....	295
<i>Capacità di Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio</i> .....	295
<i>Momento Flettente degli Elementi in Acciaio</i> .....	295
<i>Steel Member Shear Forces</i> .....	295
<i>Forze di Taglio degli Elementi in Acciaio</i> .....	296
<i>Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio</i> .....	296
<i>Forza di Taglio nei Nodi</i> .....	296
<i>Duttilità dei Nodi</i> .....	296
<i>Capacità a momento di rocking delle fondazioni</i> .....	296
<i>Capacità di rotazione di rocking delle fondazioni</i> .....	296
<i>Capacità a flessione delle fondazioni</i> .....	296
<i>Capacità a taglio delle fondazioni</i> .....	297
<i>Capacità a punzonamento delle fondazioni</i> .....	297
<i>Eccentricità delle fondazioni</i> .....	297
Curva di Capacità.....	297
Spostamento Target .....	297
<b>Appendice A.3 – NTC-18</b> .....	<b>300</b>
Tipologie di Analisi .....	300
Requisiti Prestazionali.....	300
<i>Stato Limite di Collasso (SLC)</i> .....	300
<i>Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana (SLV)</i> .....	301
<i>Stato Limite di Danno (SLD)</i> .....	301
<i>Stato Limite di Operatività (SLO)</i> .....	301
Informazioni per la Valutazione Strutturale .....	301
<i>LC1: Conoscenza Limitata</i> .....	301
<i>LC2: Conoscenza Adeguata</i> .....	302
<i>LC3: Conoscenza Accurata</i> .....	302
<i>Fattori di Confidenza</i> .....	303
<i>Fattori di Sicurezza</i> .....	304
Modelli di Capacità per la Valutazione e le Verifiche di Sicurezza.....	304
<i>Capacità di deformazione</i> .....	304
<i>Capacità a momento flettente</i> .....	307
<i>Resistenza a Taglio</i> .....	307
<i>Deformazioni Assiali degli Elementi in Acciaio</i> .....	308
<i>Forze Assiali degli Elementi in Acciaio</i> .....	308
<i>Capacità di Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio</i> .....	308
<i>Momento Flettente degli Elementi in Acciaio</i> .....	308
<i>Forze di Taglio degli Elementi in Acciaio</i> .....	308
<i>Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio</i> .....	308
<i>Trazione Diagonale nei Nodi</i> .....	308
<i>Compressione Diagonale nei Nodi</i> .....	308
<i>Duttilità dei Nodi</i> .....	309
<i>Spostamenti Interpiano</i> .....	309
<i>Capacità portante delle fondazioni</i> .....	309
<i>Forze di scorrimento delle fondazioni</i> .....	309
<i>Capacità a flessione delle fondazioni</i> .....	310
<i>Capacità a taglio delle fondazioni</i> .....	310
<i>Capacità a punzonamento delle fondazioni</i> .....	310
<i>Eccentricità delle fondazioni</i> .....	310
Curva di Capacità.....	310
Spostamento Target .....	310
<b>Appendice A.4 – KANEPE</b> .....	<b>313</b>
Tipologie di Analisi .....	313

Requisiti Prestazionali .....	314
<i>Stato Limite di Occupazione Immediata (A)</i> .....	314
<i>Stato Limite di Salvaguardia della Vita (B)</i> .....	314
<i>Stato Limite di Prevenzione del Collasso (C)</i> .....	314
Informazioni per la Valutazione Strutturale .....	315
<i>DRL tollerabile</i> .....	315
<i>DRL sufficiente</i> .....	315
<i>DRL elevato</i> .....	316
<i>Fattori di Sicurezza</i> .....	316
Modelli di Capacità per la Valutazione e le Verifiche di Sicurezza .....	317
<i>Capacità di deformazione</i> .....	317
<i>Capacità a momento flettente</i> .....	320
<i>Resistenza a taglio</i> .....	320
<i>Deformazione Assiale di Elementi Metallici</i> .....	321
<i>Forze Assiali degli Elementi in Acciaio</i> .....	322
<i>Capacità di Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio</i> .....	322
<i>Momento Flettente degli Elementi in Acciaio</i> .....	322
<i>Forze di Taglio degli Elementi in Acciaio</i> .....	322
<i>Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio</i> .....	322
<i>Trazione Diagonale dei Nodi</i> .....	322
<i>Compressione Diagonale dei Nodi</i> .....	322
<i>Duttilità dei Nodi</i> .....	323
<i>Capacità portante delle fondazioni</i> .....	323
<i>Forze di scorrimento delle fondazioni</i> .....	323
<i>Capacità a flessione delle fondazioni</i> .....	323
<i>Capacità a taglio delle fondazioni</i> .....	323
<i>Capacità a punzonamento delle fondazioni</i> .....	323
<i>Eccentricità delle fondazioni</i> .....	323
Curva di Capacità .....	323
Spostamento Target .....	324
<b>Appendice A.5 – TBDY .....</b>	<b>327</b>
Tipo di Analisi .....	327
Requisiti di Prestazione .....	327
<i>Livello di Prestazione Uso Continuativo (KK)</i> .....	328
<i>Livello di Prestazione Immediata Occupazione (HK)</i> .....	328
<i>Livello di Prestazione Salvaguardia della Vita (CG)</i> .....	328
<i>Livello di Prestazione Prevenzione del Collasso (BP)</i> .....	328
Informazioni per la Valutazione Strutturale .....	328
<i>Conoscenza Limitata</i> .....	329
<i>Conoscenza Completa</i> .....	329
<i>Fattori di Sicurezza</i> .....	329
Modelli di Capacità per la Valutazione e Verifiche di Sicurezza .....	329
<i>Capacità di Rotazione alla Corda</i> .....	329
<i>Capacità di Deformazione</i> .....	331
<i>Capacità a momento flettente</i> .....	331
<i>Resistenza a Taglio</i> .....	332
<i>Deformazione Assiale di Elementi Metallici</i> .....	332
<i>Forza Assiale in Elementi Metallici</i> .....	332
<i>Capacità di Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio</i> .....	333
<i>Momento Flettente degli Elementi in Acciaio</i> .....	333
<i>Forze di Taglio degli Elementi in Acciaio</i> .....	333
<i>Deformazioni a Taglio degli Elementi in Acciaio</i> .....	333
<i>Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio</i> .....	333
<i>Forza di Taglio nei Nodi</i> .....	333
<i>Duttilità dei Nodi</i> .....	333




<i>Capacità a momento di rocking delle fondazioni</i> .....	334
<i>Capacità di rotazione di rocking delle fondazioni</i> .....	334
<i>Capacità a flessione delle fondazioni</i> .....	334
<i>Capacità a taglio delle fondazioni</i> .....	334
<i>Capacità a punzonamento delle fondazioni</i> .....	334
<i>Eccentricità delle fondazioni</i> .....	334
Curva di Capacità.....	334
Spostamento Target.....	334
<b>Appendice B – Basi teoriche e ipotesi di modellazione</b> .....	<b>337</b>
Nonlinearità geometrica.....	337
Inelasticità del materiale.....	337
Sistemi di riferimento globale e locale.....	339
Procedura di soluzione di problemi nonlineari.....	340
<b>Appendice C– Materiali</b> .....	<b>347</b>
Materiali per l'acciaio.....	347
<i>Modello bilineare per acciaio - stl_bl</i> .....	347
<i>Modello bilineare per acciaio con incrudimento isotropo - stl_bl2</i> .....	347
<i>Modello di Ramberg-Osgood per acciaio- stl_ro</i> .....	348
<i>Modello di Menegotto-Pinto per acciaio - stl_mp</i> .....	349
<i>Modello di Giuffre-Menegotto-Pinto per acciaio con incrudimento isotropo - stl_gmp</i> .....	349
<i>Modello di Dood-Restrepo per acciaio - stl_dr</i> .....	350
<i>Modello di Monti-Nuti per acciaio - stl_mn</i> .....	351
<i>Modello per Controvento in Acciaio a Instabilità Impedita - stl_brb</i> .....	351
Materiali per il calcestruzzo.....	353
<i>Modello trilineare per calcestruzzo - con_tl</i> .....	353
<i>Modello di Mander et al. per calcestruzzo - con_ma</i> .....	353
<i>Modello di Chang-Mander per calcestruzzo - con_cm</i> .....	354
<i>Modello di Kappos e Konstantinidis per calcestruzzo ad elevata resistenza - con_hs</i> .....	355
<i>Modello per Calcestruzzi ECC- con_ecc</i> .....	355
<i>Modello per calcestruzzo di Kent-Scott-Park- con_ksp</i> .....	356
<b>Appendice D – Inserimento degli Elementi Strutturali</b> .....	<b>357</b>
Sezioni in c.a.....	357
<i>Pilastro rettangolare semplice e incamiciato</i> .....	357
<i>Pilastro ad L semplice e incamiciato</i> .....	362
<i>Pilastro a T semplice e incamiciato</i> .....	368
<i>Pilastro circolare semplice e incamiciato</i> .....	373
<i>Parete</i> .....	379
<i>Trave</i> .....	382
<i>Tamponature</i> .....	389
<i>Controventi in acciaio</i> .....	390
<i>Plinti</i> .....	399
<i>Travi Rovescie</i> .....	403
<i>Trave di Collegamento</i> .....	407
<b>Appendice E – Classi di Elementi</b> .....	<b>411</b>

# Introduzione

**SeismoBuild** è un programma agli Elementi Finiti specifico per la valutazione strutturale, e in grado di svolgere tutte le verifiche prescritte dalla normativa, tenendo in considerazione sia le nonlinearità geometriche che l'inelasticità dei materiali.

Il programma si compone di sei moduli principali: il modulo **Modellazione Edificio**, in cui è possibile definire i dati di input del modello strutturale, il modulo **Requisiti Normativi**, dove vengono definiti i parametri e le opzioni secondo quanto prescritto dalla normativa che si intende seguire, i moduli **Analisi agli Autovalori** e **Analisi Pushover**, in cui vengono svolte le analisi selezionate e vengono gestiti i rispettivi risultati, il modulo **Verifiche**, in cui vengono effettuate tutte le verifiche degli elementi strutturali, in accordo con la normativa selezionata, e infine il modulo **Relazione**, che fornisce i risultati della valutazione strutturale sotto forma di relazione tecnica (salvabile in diversi formati); il tutto viene gestito tramite un'**interfaccia completamente visuale**.

Con lo strumento *Modellatore Edificio*  l'utente è in grado di creare velocemente modelli strutturali tridimensionali sia regolari che irregolari. L'intero processo non richiede più di qualche minuto. Non sono necessari, infatti, né file di input o di configurazione, né script di programmazione e neppure altre procedure, complesse e *time-consuming*, di modifica del testo. Inoltre il Processore, nei moduli Analisi agli Autovalori e Analisi Pushover, mostrai grafici in tempo reale delle curve di spostamento e della deformata della struttura, e offre all'utente la possibilità di mettere in pausa e riavviare l'analisi, mentre il Post-Processore, in cui vengono esportati i risultati delle analisi, fornisce strumenti avanzati di post-processamento, inclusa la possibilità di ottenere grafici e deformate secondo un formato personalizzato dall'utente. Possono essere anche creati filmati AVI per illustrare meglio la sequenza della deformazione strutturale.



## Struttura del software

Il software, inoltre, è completamente integrato con l'ambiente Windows. Tutte le informazioni visibili nell'interfaccia grafica di SeismoBuild possono essere copiate in applicativi esterni (ad esempio in programmi di scrittura quali Microsoft Word), compresi i dati di output, i grafici in alta risoluzione, le configurazioni deformate ed indeformate dei modelli e molto altro ancora.

# Generale

## REQUISITI DI SISTEMA

Per utilizzare **SeismoBuild** si consiglia:

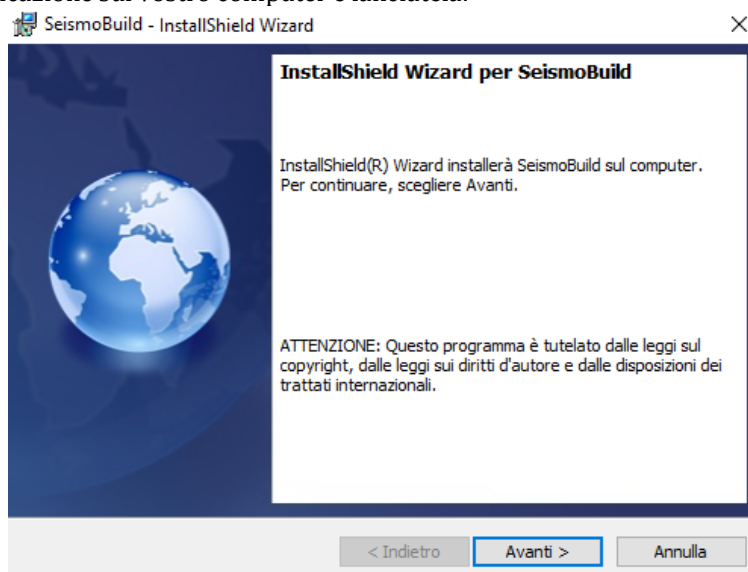
- Un computer (o una “macchina virtuale”) con uno dei seguenti sistemi operativi: Windows 7 e versioni successive di Windows (64-bit);
- 8 GB di RAM;
- Una risoluzione dello schermo di 1366x768 o superiore;
- Una connessione Internet (meglio se a banda larga) per la registrazione del software.

## INSTALLARE/DISINSTALLARE IL SOFTWARE

### Installare il software

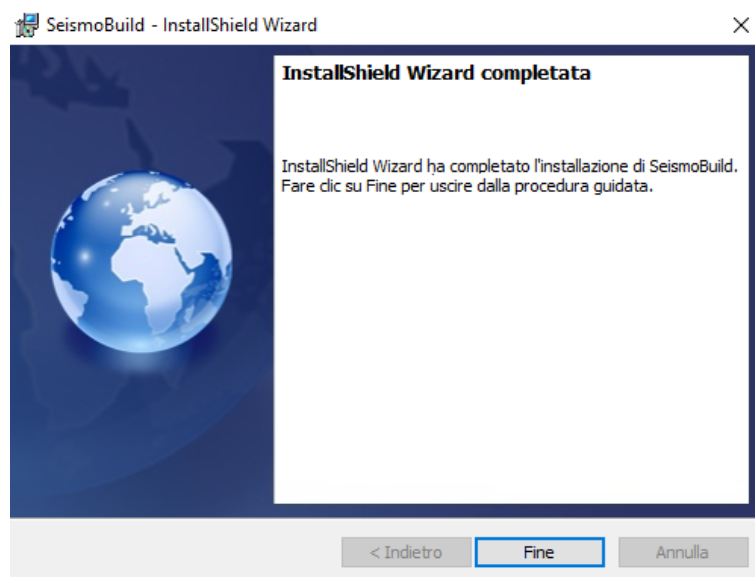
Per installare **SeismoBuild** è necessario seguire le istruzioni elencate nel seguito:

1. Scaricate l'ultima versione del programma da sito: [www.seismosoft.com/downloads](http://www.seismosoft.com/downloads)
2. Salvate l'applicazione sul vostro computer e lanciatela.



### Procedura guidata di installazione (prima finestra)

3. Premete il pulsante *Avanti* per procedere con l'installazione. Sullo schermo appariranno le *Condizioni contrattuali*. Leggete attentamente e accettate i termini (selezionando l'opportuna casella) per poter proseguire.
4. Premete il pulsante *Avanti*. Alla successiva richiesta di selezionare la cartella di destinazione, premete nuovamente il pulsante *Avanti* per installare il programma nella cartella predefinita, altrimenti premete il pulsante *Cambia...* per eseguire l'installazione in una cartella differente.
5. Premete il pulsante *Installa* e attendete il termine dell'installazione.
6. Al termine della procedura, premete su *Fine* per uscire dalla procedura guidata di installazione.



**Procedura guidata di installazione (ultima schermata)**

### Disinstallare il software

Per rimuovere il software dal computer:

1. Aprite il *Menu Iniziale del Sistema Operativo (Start)*;
2. Premete su *Impostazioni*;
3. Premete su *Sistema* nel menu impostazioni;
4. Premete su *App e funzionalità dal pannello sulla sinistra*;
5. Selezionare il programma dalla lista delle app installate;
6. Premere sul pulsante *Disinstalla* per completare l'operazione.

### APERTURA DEL PROGRAMMA E OPZIONI DI REGISTRAZIONE

Per lanciare SeismoBuild, selezionate *Start > Tutti i Programmi > Seismosoft > SeismoBuild 2026 > SeismoBuild 2026*. Apparirà la seguente finestra di registrazione:



**Finestra di registrazione di SeismoBuild**

Prima di utilizzare il programma dovete scegliere una delle seguenti opzioni:

1. Continuare ad utilizzare il programma in modalità di prova;
2. Ottenere una licenza accademica fornendo un indirizzo mail accademico valido;

### 3. Acquistare una licenza commerciale.

**NOTA:** Se scegliete l'opzione 2 o 3 dovete registrarvi usando la licenza che vi è stata fornita via mail.

SeismoBuild

**Opzioni di Registrazione**

- Continua in modalità di prova
- Ottieni Licenza Accademica
- Acquista Licenza Commerciale
- Registra
- Esci

Stato Connessione Internet:  
CONNESSO

**Aiuto**

SeismoBuild Guida

**Modulo di Registrazione**

Name

Ente/Organizzazione

Tipo di Licenza

Chiave di Licenza

**Modulo di registrazione**

**IMPORTANTE:** Si prega di notare che, per quanto riguarda la chiave di licenza, come riportato nel messaggio che appare prima dell'apertura della finestra principale del programma, le chiavi di licenza della versione 2025 e precedenti non sono più valide in SeismoBuild 2026. Gli utenti sono invitati, quindi, a richiedere una nuova licenza.

# Avvio Rapido

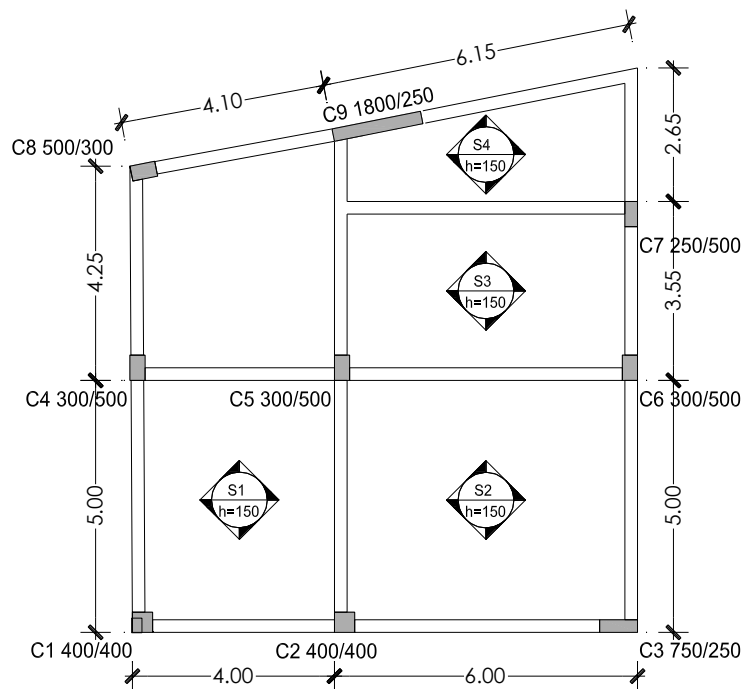
Questo capitolo ha l'obiettivo di guidare gli utenti attraverso le **prime analisi con SeismoBuild**.

SeismoBuild è stato concepito pensando, innanzitutto, a due concetti, facilità di utilizzo e flessibilità. Il nostro obiettivo è quello di aumentare la produttività in modo significativo, al punto che la valutazione di un edificio multipiano in cemento armato possa essere completata nel giro di pochi minuti, compresa la creazione di una relazione di progetto e dei disegni CAD di dettaglio da sottoporre al cliente. In realtà, il programma è molto più facile da usare che da descrivere. Vedrete che una volta che avete afferrato alcuni concetti importanti, l'intero processo è abbastanza intuitivo. Il modello che verrà creato è ricco di funzioni ed è in grado di simulare in modo efficiente e accurato strutture reali.

## TUTORIAL N.1 – VALUTAZIONE DI UN EDIFICIO DI DUE PIANI

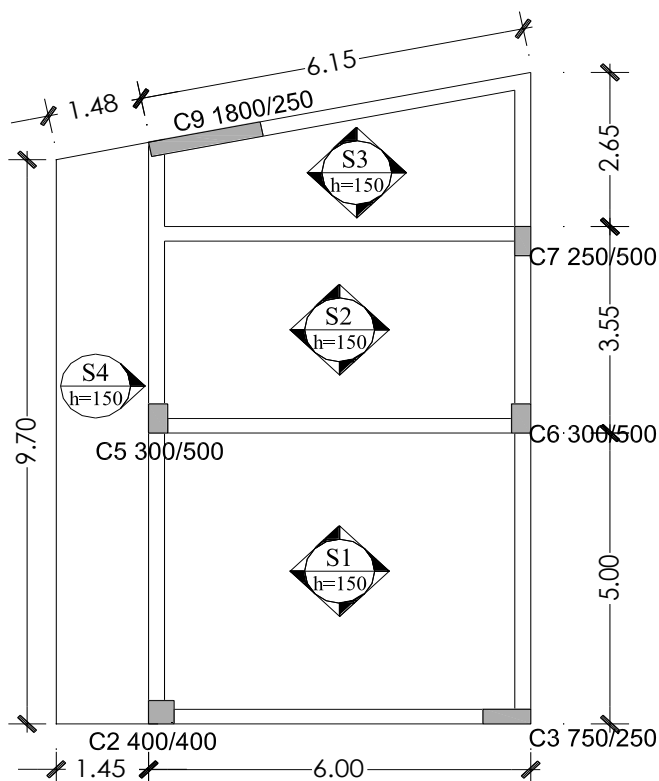
### Descrizione del Problema

Cerchiamo di modellare un edificio in cemento armato di due piani fuori terra, per il quale si richiede di valutare la sua capacità in accordo con gli Eurocodici. Lo strumento *Modellatore Edifici* permette di creare la struttura in modo facile e veloce. La geometria del primo e del secondo piano è mostrata nelle corrispondenti viste in pianta indicate nel seguito:



Vista in pianta del primo piano dell'edificio

NOTA: Nel canale YouTube di Seismosoft è possibile trovare un filmato che descrive il presente tutorial.



Vista in pianta del secondo piano dell'edificio

### Come iniziare: un nuovo progetto

Quando si apre SeismoBuild apparirà una finestra per la selezione della normativa strutturale da associare al nuovo progetto che si intende creare, così come le unità di misura e la tipologia di barre d'armatura. Nell'attuale versione del programma le opzioni selezionabili sono le seguenti: Eurocodice 8, ASCE 41-23 (Normativa Americana per la Valutazione Sismica e l'Adeguamento di Edifici Esistenti), NTC-18 (Norme Tecniche per le Costruzioni Italiane – aggiornate al 2018, KANEPE (Normativa Greca in materia di interventi antisismici) e TBDY (Normativa Turca per la Valutazione Sismica degli Edifici) per quanto riguarda le normative; SI (Sistema Internazionale) e Sistema Anglosassone a proposito delle unità di misura, e infine standard Europei e standard Americani per la tipologia delle barre.



Finestra di selezione della Normativa Strutturale e delle Unità di Misura

Selezionando il primo passo della procedura di valutazione (ossia premendo sul pulsante *Modellazione Edificio* sulla sinistra dello schermo), si aprirà la schermata iniziale del Modellatore Edifici, da cui è possibile definire il numero di piani, le altezze di piano, nonché altre impostazioni di base. Per questo tutorial sono state scelte le seguenti impostazioni:

- Eurocodice 8, Parte 3
- Unità di Misura del Sistema Internazionale (SI)
- Dimensioni Europee per la tipologia di armatura
- 2 piani
- Altezze di piano: 3m
- Non accettare travi con luce libera inferiore a: 0.1m
- Includi larghezze effettive delle travi

**Inizializza Modellazione Edificio**

Impostazioni di Modellazione

Configurazione strutturale    Modellazione Strutturale

Sopraelevato

No. di Piani (max. 100):  
3

Altezze di Piano (m)

Piano	Altezza (m)
1° piano	3,00
2° piano	3,00
3° piano	3,00


Sotterraneo

No. de plantas del sótano (max. 3):  
0

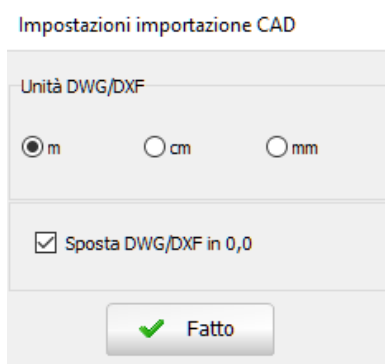
OK    Cancella    Aiuto

#### Modulo di inizializzazione del Modellatore Edifici – Configurazione Strutturale

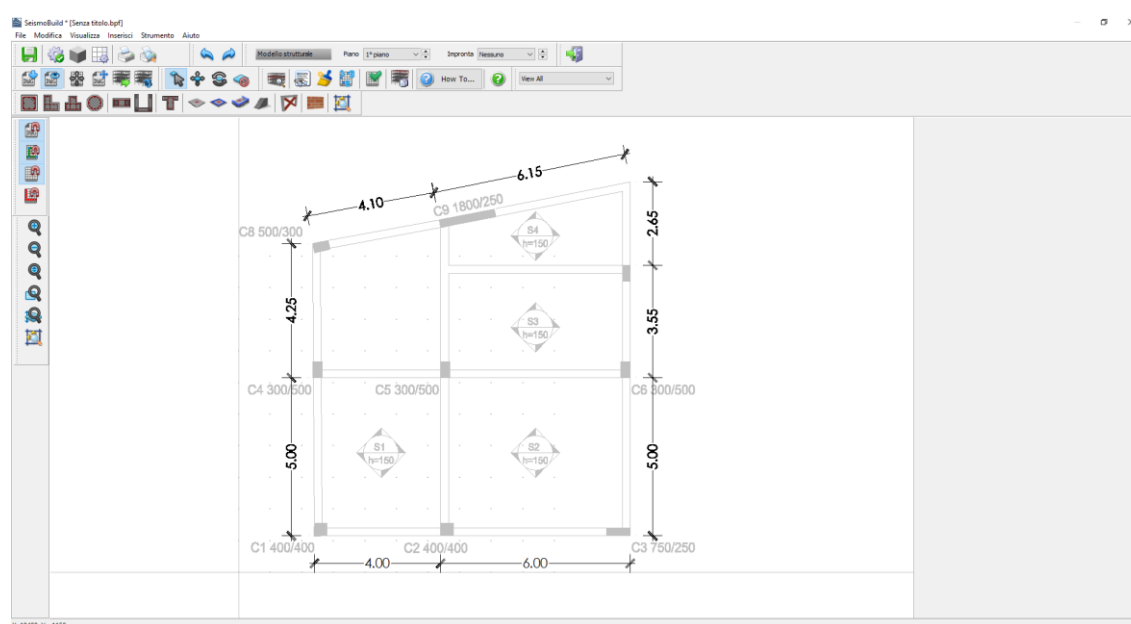
Procedete premendo il pulsante OK.

Per facilitare la definizione della geometria degli elementi e la loro posizione, è possibile importare un disegno CAD dal menu principale (*File > Importa DWG...*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Sullo schermo appare una finestra per la selezione delle unità di misura del DWG/DXF, e l'utente ha la possibilità di muovere il disegno nell'origine (0,0) delle coordinate CAD.









**Modellatore Edifici – Impostazioni del disegno CAD importato**



**Modellatore Edifici – inserimento del disegno CAD**

Iniziate a inserire gli elementi strutturali dal menu principale (*Inserisci > Inserisci Pilastro Rettangolare*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti (  per pilastri rettangolari). In alternativa, selezionate una delle altre sezioni disponibili per i pilastri, come la sezione ad L ( ), quella a T ( ), la sezione circolare (  ) o le rispettive sezioni incamiciate. Sul lato destro dello schermo apparirà la Finestra delle Proprietà del pilastro, all'interno della quale l'utente è quindi in grado di definire la sua geometria, il livello della fondazione, l'armatura sia longitudinale che trasversale, le proprietà dei materiali, il rivestimento in FRP e le impostazioni da normativa per gli elementi strutturali. Nel modulo che riguarda i set di materiali sono determinati i valori delle resistenze del calcestruzzo e dell'acciaio degli elementi. Il set di materiali deve essere definito per ciascun elemento strutturale. Di default il programma assegna due set di materiali, uno per gli elementi esistenti, chiamato *Esistente\_Default*, il quale verrà impiegato nel presente tutorial, e un altro per i nuovi elementi inseriti in fase di rinforzo, chiamato *Nuovo\_Default*. Gli utenti possono inserire nuovi set di materiali o modificare set esistenti, ma non possono rimuovere i materiali di default.

**Set di materiali**

Definisci le proprietà dei materiali (esistenti e nuovi) impiegati nel modulo Modellatore Edifici

Nome	Tipo	f <sub>c</sub> , Valore medio (MPa)	f <sub>c</sub> , Medio-σ o f <sub>ck</sub> (MPa)	f <sub>sl</sub> , Valore medio (MPa)	f <sub>sl</sub> , Medio-σ o f <sub>sik</sub> (MPa)	f <sub>sw</sub> , Valore medio (MPa)	f <sub>sw</sub> , Medio-σ o f <sub>skw</sub> (MPa)
Esistente_Default	elementi esistenti	20,00	16,00	444,44	400,00	444,44	400,00
Nuovo_Default	elementi nuovi	33,00	25,00	555,56	500,00	555,56	500,00

Aggiungi Modifica Elimina Ok Cancellata Aiuto

## Modellatore Edifici – Set di materiali

**Modifica schema materiale esistente**

Nome:  Tipo: elementi esistenti

**Resistenza del calcestruzzo (MPa)**

Valore Medio:  Classe Calcestruzzo: C8/10

Medio -  $\sigma$ :

**Resistenza Armatura Longitudinale (MPa)**

Valore Medio:  Classe Acciaio: C12/15

Medio -  $\sigma$ :

**Resistenza Armatura Trasversale (MPa)**

Valore Medio:  Classe Acciaio: C16/20

Medio -  $\sigma$ :

### Modellatore Edifici – Finestra di modifica di un materiale esistente

Premendo sul pulsante *Proprietà Avanzate dell'Elemento* gli utenti possono definire le impostazioni dell'elemento strutturale in accordo con la normativa selezionata.

Proprietà Avanzate degli Elementi

**Classificazione**

☒ Primario ☐ Senza adeguati dettagli di tipo antisismico

☐ Secondario

**Tipologia Barre Longitudinali**

☐ Acciaio lavorato a freddo ☒ Barre longitudinali lisce

**Sovrapposizione Barre Longitudinali**

**Tipo di sovrapposizione**

☐ Elementi con barre longitudinali deformate senza sovrapposizione in corrispondenza della regione plastica

☒ Elementi con barre longitudinali deformate con estremità dritte sovrapposte a partire dalla sezione di estremità

**Lunghezza di sovrapposizione**

☒ lunghezza di sovrapposizione relativa adeguata,  $l_o/l_{ou,min} > 1$ ,

☐ lunghezza di sovrapposizione relativa inadeguata,  $0 < l_o/l_{ou,min} < 1$ ,

☐ lunghezza di sovrapposizione assoluta,  $l_o$  (mm)

**Accessibilità dell'area di intervento (solo per gli elementi nuovi o rinforzati)**

☒ Normale (facile) ☐ Ridotta (difficile)

**Copriferro**

Spessore (mm)

**Riferimenti Normativi**

**EC8**  
Sezione A3.2.2(5)

**NTC-08**  
Sezione C8A.6.1

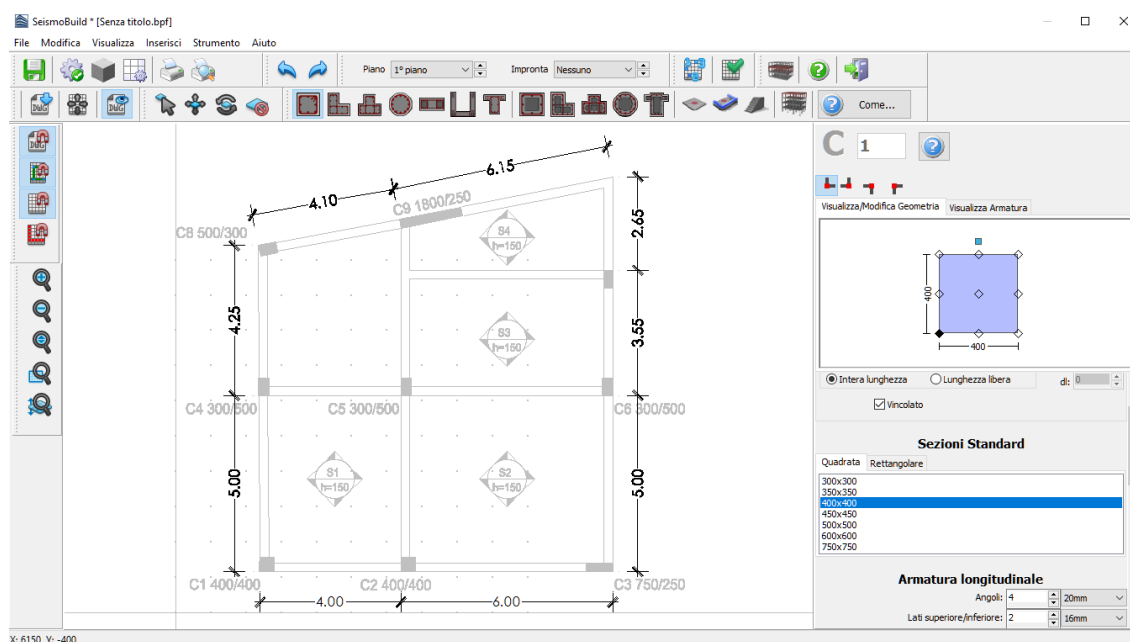
**NTC-18**  
Sezione C8A.6.1

Ok

Cancella

### Modellatore Edifici – Proprietà avanzate dell'elemento

Inoltre è possibile scegliere il 'punto di inserimento' dell'elemento premendo su uno spigolo, al centro o su uno dei lati della sezione mostrata nella Finestra delle Proprietà. È possibile anche cambiare le dimensioni della sezione cliccando su di essa, mentre la rotazione del pilastro in pianta può essere modificata per mezzo dei pulsanti  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  e  $270^\circ$  oppure assegnando un angolo opportuno nella corrispondente casella della Finestra delle Proprietà. Sebbene sia possibile definire differenti livelli di fondazione per i pilastri del piano terra, ai fini del presente tutorial a tutti i pilastri viene assegnato il medesimo livello di -1000 mm.



### Modellatore Edifici – Proprietà Elemento Pilastro

Nelle seguenti tabelle sono mostrate le dimensioni e l'armatura degli elementi strutturali (pilastri, travi e pareti) del primo e del secondo piano:

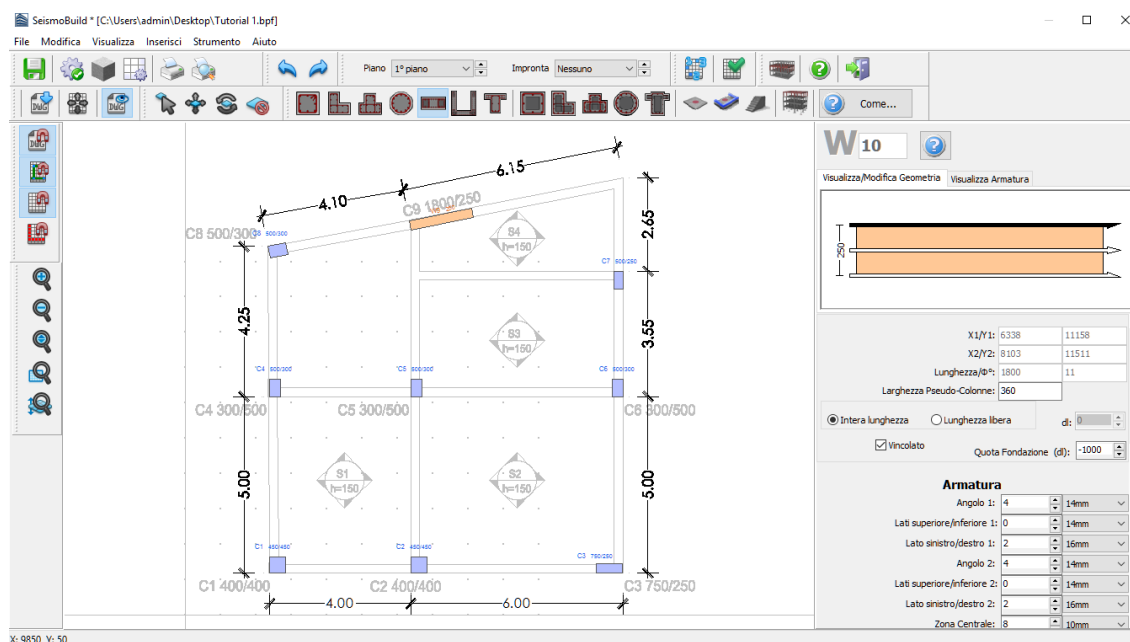
Pilastri (P1)	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura longitudinale	Armatura trasversale
C1	400	400	4Ø18+4Ø16	Ø10/10
C2	400	400	4Ø18+4Ø16	Ø10/10
C3	750	250	4Ø16+8Ø14	Ø10/10
C4	300	500	6Ø18	Ø10/10
C5	300	500	6Ø18	Ø10/10
C6	300	500	6Ø20	Ø10/10
C7	250	500	4Ø20+2Ø16	Ø10/10
C8	300	500	6Ø20	v10/10
W9	250	1800	(4Ø16+8Ø14)+#Ø10/20+(4Ø8/m <sup>2</sup> )	Ø10/10

Travi (P1)	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura all'inizio della trave	Armatura in mezzzeria della trave	Armatura alla fine della trave	Armatura trasversale
B1	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B2	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4v14	o4Ø16 u4Ø14	Ø8/10
B3	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B4	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø20 u4Ø14	Ø8/10
B5	500	250	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B6	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B7	500	250	o3Ø20 u2Ø14	o4Ø14 u2Ø14	o3Ø20 u2Ø14	Ø8/10
B8	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B9	500	250	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø18 u4Ø14	Ø8/10
B10	500	250	o4Ø16 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø18 u4Ø14	Ø8/10
B11	500	250	o2Ø18 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B12	500	250	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø18 u4Ø14	Ø8/10
B13	500	250	o2Ø18 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B14	500	250	o2Ø18 u4Ø16	o2Ø16 u4Ø16	o2Ø16 u4Ø16	Ø8/10
B15	500	250	o4Ø16 u2Ø16	o4Ø16 u2Ø16	o4Ø16 u2Ø16	Ø8/10


Pilastri (P2)	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura longitudinale	Armatura trasversale
C2	400	400	4Ø18+4Ø16	Ø10/10
C3	750	250	4Ø16+8Ø14	Ø10/10
C5	300	500	4Ø20+2Ø16	Ø10/10
C6	300	500	6Ø20	Ø10/10
C7	250	500	4Ø20+2Ø16	Ø10/10
W9	250	1800	(4Ø16+8Ø14)+#Ø10/20+(4Ø8/m <sup>2</sup> )	Ø10/10

Travi (P2)	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura all'inizio della trave	Armatura in mezzera della trave	Armatura alla fine della trave	Armatura trasversale
B1	500	250	o4Ø16 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o4Ø16 u4Ø14	Ø8/10
B2	500	250	o2Ø18 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø18 u4Ø14	Ø8/10
B3	500	250	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B4	500	250	o3Ø20 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B5	500	250	o2Ø18 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B6	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B7	500	250	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø18 u4Ø14	Ø8/10
B8	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o3Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B9	500	250	o3Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	o2Ø14 u4Ø14	Ø8/10
B10	500	250	o4Ø16 u2Ø16	o4Ø16 u2Ø16	o4Ø16 u2Ø16	Ø8/10

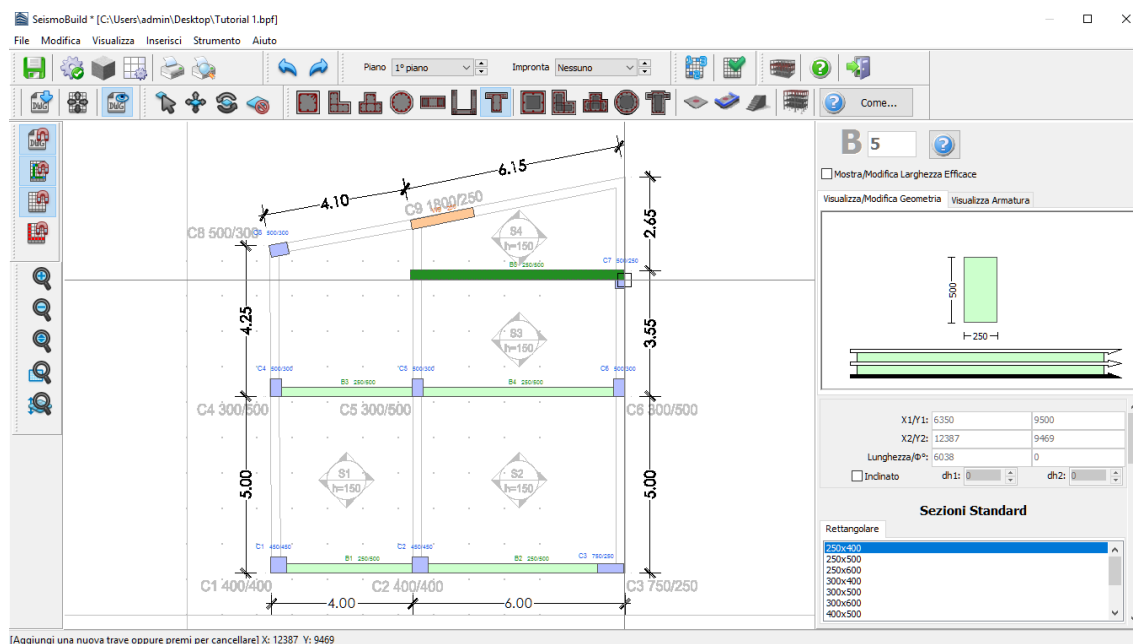
Una volta premuto il pulsante *Inserisci Parete*, appare la *Finestra delle Proprietà della Parete*, nella quale possono essere definiti: (i) le dimensioni, (ii) lo schema d'armatura, (sia longitudinale che trasversale alle due estremità e nell'anima), (iii) la larghezza delle pseudo-colonne, (iv) il livello di fondazione, (v) il set di materiali, (vi) il rivestimento in FRP e le proprietà avanzate basate sulla normativa. Selezionate la linea di inserimento premendo su una qualsiasi delle tre linee nella *Vista Geometria* (nel presente tutorial è stata selezionata quella marcata in nero nella figura sottostante) e inserite la parete strutturale delineando i suoi due bordi nella *Finestra Principale*.



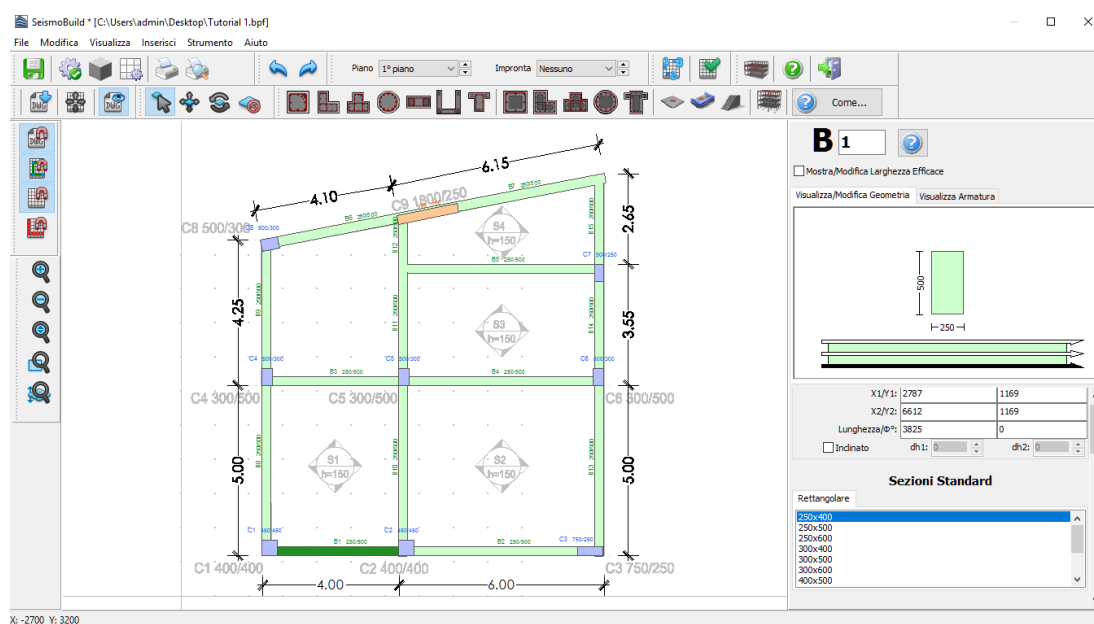
### Modellatore Edifici – Proprietà Elemento Parete

Inserite le travi dal menu principale (*Inserisci > Inserisci Trave*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , in maniera del tutto analoga a come avete fatto per le pareti. Anche per le travi è possibile definire facilmente (i) la geometria (larghezza e profondità), (ii) l'armatura (longitudinale e trasversale nelle sezioni iniziale, centrale e finale), (iii) il set di materiali, (iv) le proprietà avanzate e selezionare la linea di inserimento nella vista in pianta premendo sull'asse preferito (a sinistra, in centro o a destra).


Si possono anche definire dei carichi distribuiti aggiuntivi, che saranno utili per definire ciascun carico permanente non associato al peso proprio del sistema strutturale oppure i carichi variabili dei solai (es. finiture, tamponature interne, ecc.).



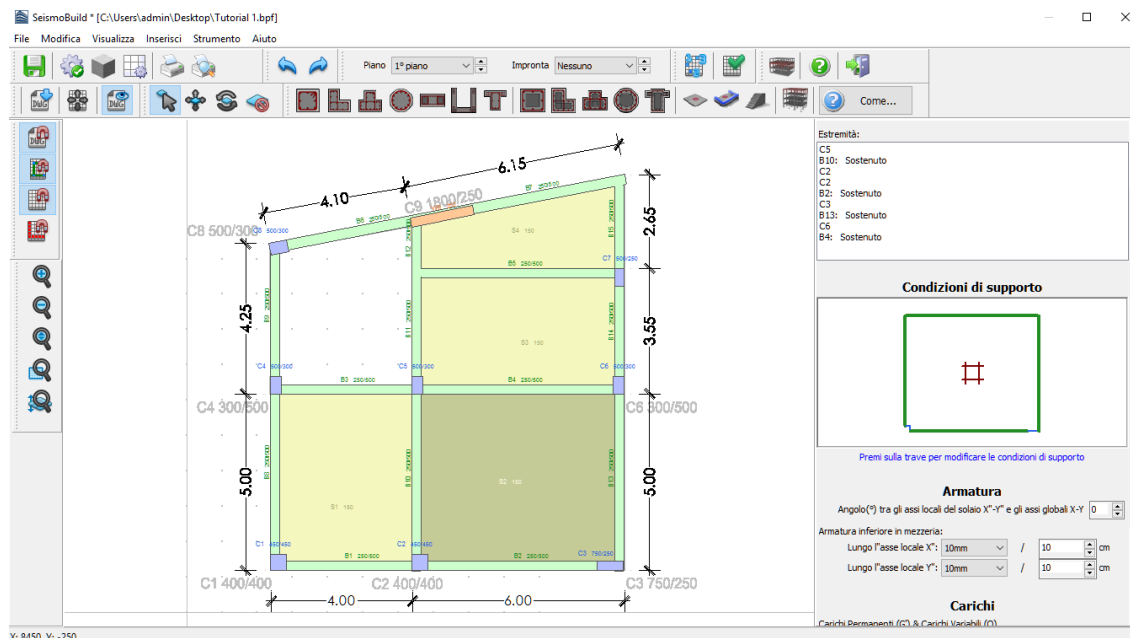
**Modellatore Edifici - Inserimento Elementi**



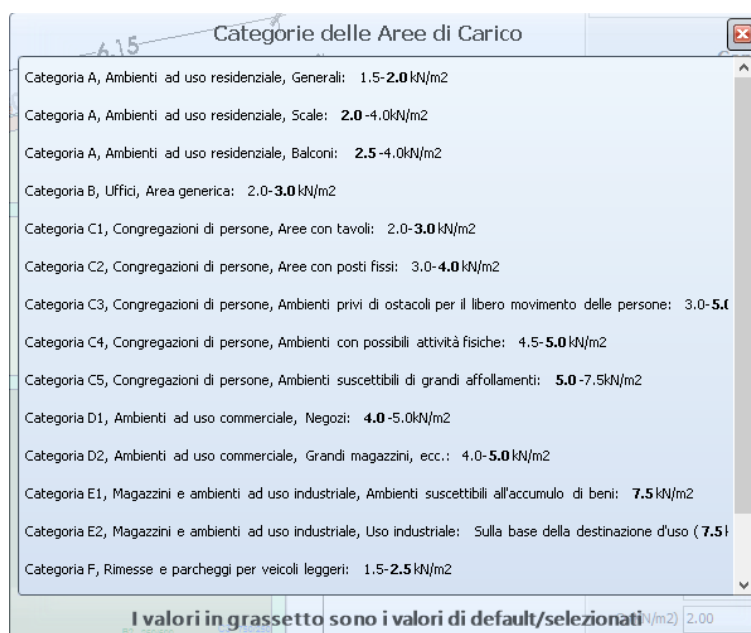
**Modellatore Edifici - Proprietà Elemento Trave**

Per inserire i solai andate nel menu principale (*Inserisci > Inserisci Solaio*) oppure premete sul corrispondente pulsante della barra degli strumenti ; quindi assegnate le proprietà del solaio (come l'altezza, l'armatura, il carico permanente aggiuntivo e variabile) e cliccate su una qualsiasi area chiusa delimitata da elementi strutturali (pilastri, pareti e travi). È disponibile un pulsante chiamato *Tipologia di Area di Carico*, per mezzo del quale è possibile far assegnare automaticamente dal programma i carichi variabili in accordo con la categoria di carico della normativa selezionata. Si osserva che il peso proprio dei solai è calcolato automaticamente sulla base della geometria e dei pesi specifici dei materiali.

Una volta che il solaio è stato definito, le sue condizioni di vincolo, che determinano le travi su cui i carichi del solaio devono essere distribuiti, possono essere modificate semplicemente cliccando sui corrispondenti confini nella Finestra delle Proprietà. Inoltre, è disponibile anche l'opzione di assegnare solai inclinati o rialzati, definendo le coordinate e l'elevazione di soli tre punti del solaio.

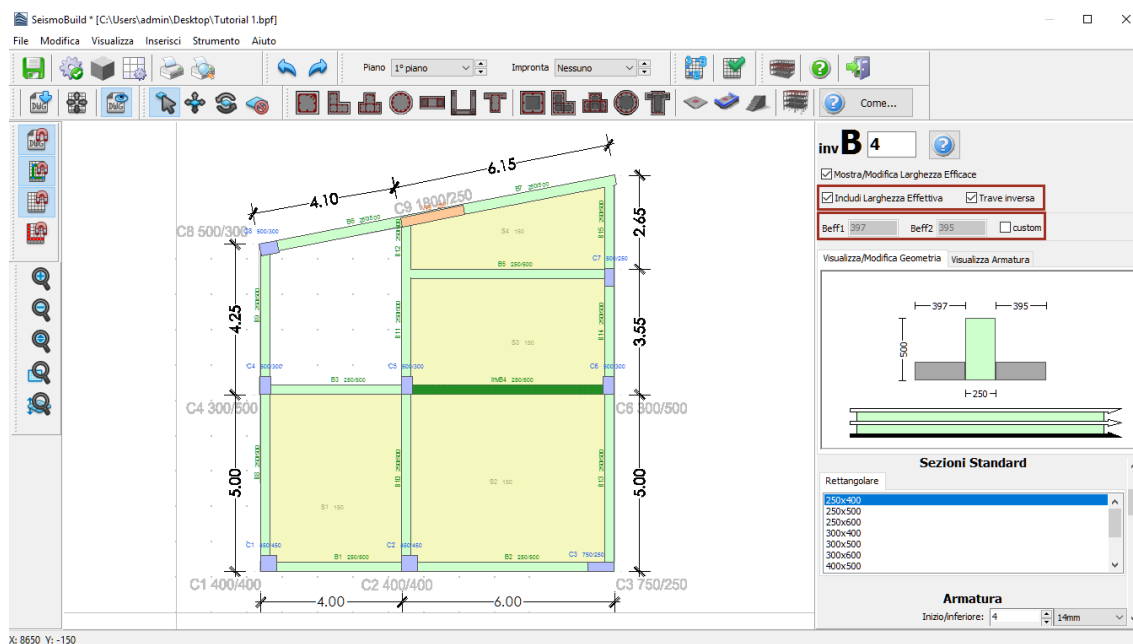


### Modellatore Edifici – Proprietà Elemento Solaio



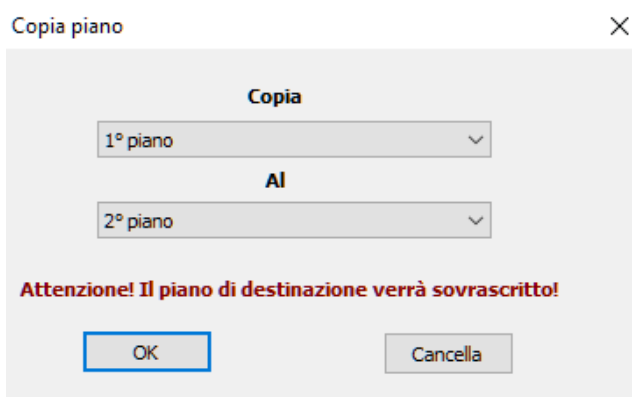
### Modellatore Edifici – Categorie delle Aree di Carico dei Solai

Dopo aver inserito tutti gli elementi, potete cambiare le proprietà di una qualsiasi sezione premendo su di essa. In particolare si osserva che, dopo aver definito i solai, potete visualizzare la larghezza effettiva delle travi nella Finestra Proprietà Travi; ciascuna larghezza effettiva è calcolata in maniera automatica, anche se può essere modificata manualmente dall'utente. Inoltre possono essere definite anche travi inverse, come mostrato nella figura seguente:



### Modellatore Edifici - Proprietà Elemento Trave

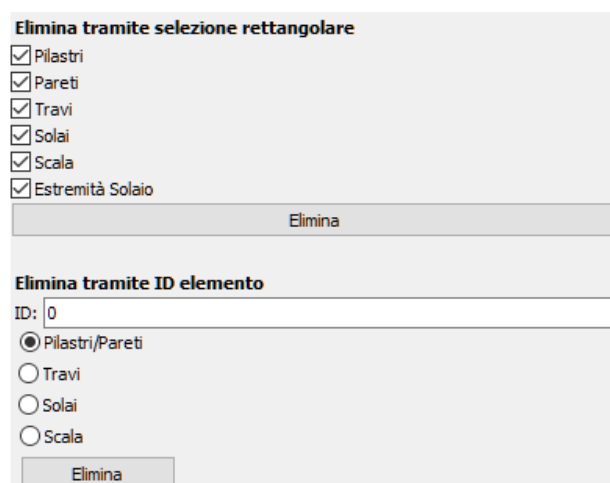
Adesso potete procedere con la creazione automatica del 2° piano dell'edificio, sulla base del piano 1 già creato, accedendo al menu principale (*Strumenti > Copia piano...*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti




### Modellatore Edifici - Finestra di dialogo Copia piano

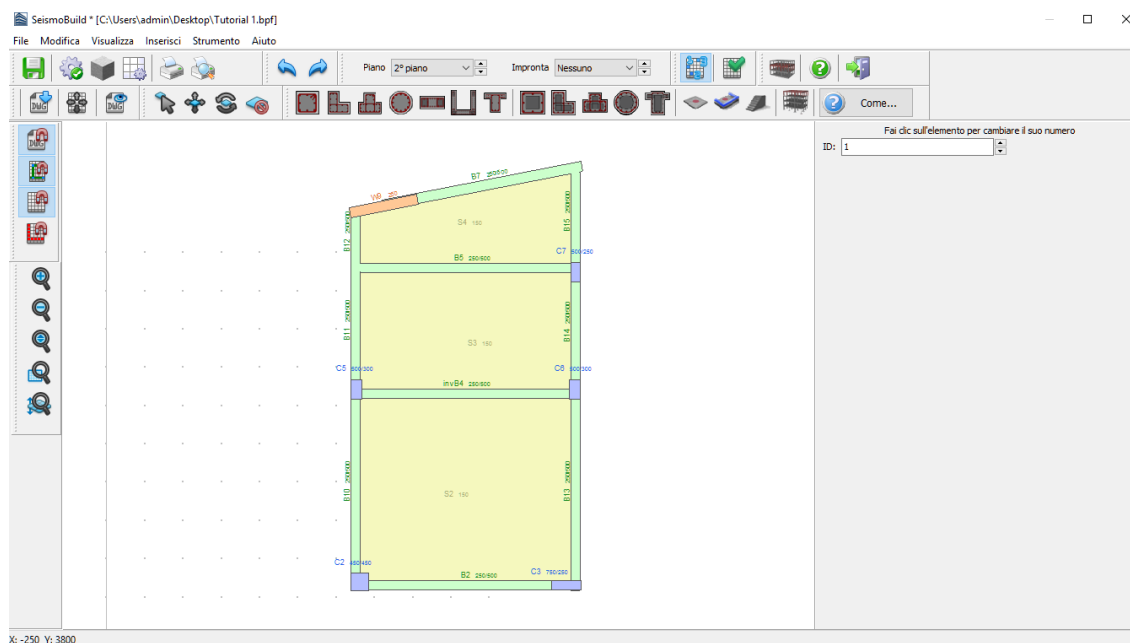
Eliminate tutti gli elementi che non sono presenti al 2° piano. Gli utenti possono cancellare gli elementi grazie al comando del menu principale (*Strumenti > Elimina...*) oppure tramite il pulsante della barra degli strumenti . In alternativa gli elementi possono essere eliminati facendo una selezione rettangolare nella Finestra Principale e premendo il pulsante *Elimina*.






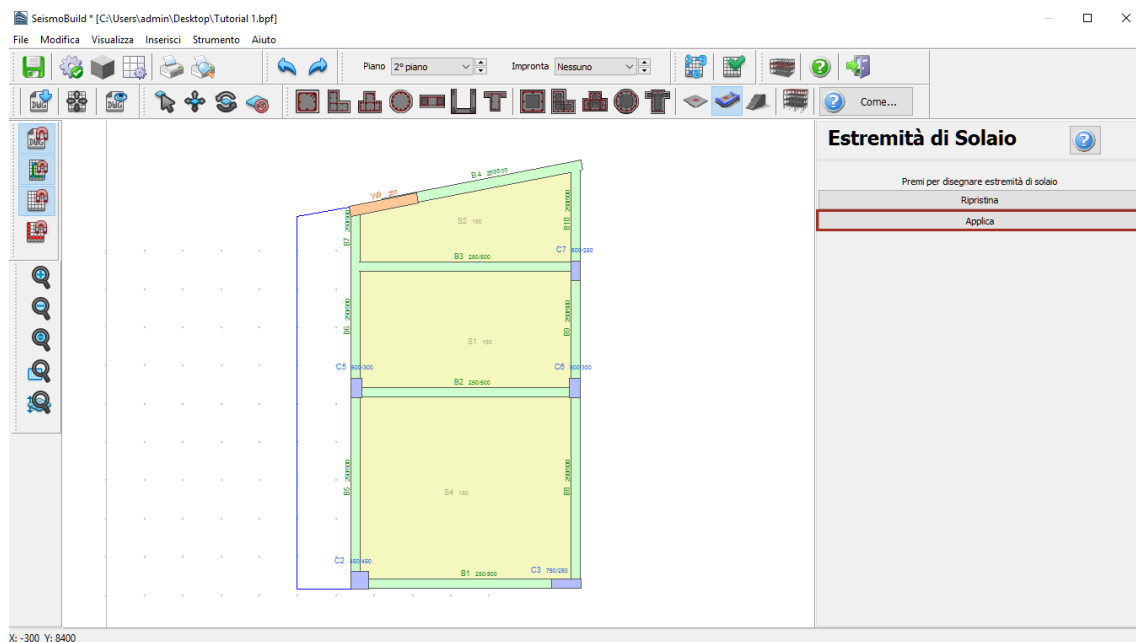
**Modellatore Edifici – Finestra di dialogo Elimina elemento**

In aggiunta, il programma offre la possibilità di rinumerare gli elementi strutturali. A tale comando si può accedere dal menu principale (*Strumenti > Rinumer elementi...*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Premendo su un generico elemento ad esso viene assegnato il numero selezionato e verrà modificata, di conseguenza, la numerazione di tutti gli altri elementi.




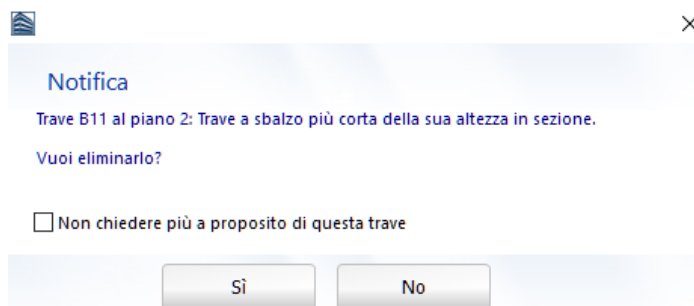
**Modellatore Edifici – Rinumerazione elementi**

Nel Modellatore Edifici possono anche essere modellati solai a sbalzo. Per fare ciò è necessario aggiungere un Estremo Libero accedendo al menu principale (*Inserisci > Inserisci Estremità Solaio & Sbalzi*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Una volta disegnato, l'Estremo Solaio è utilizzato per tracciare la forma del solaio. Dopo aver definito i punti dell'angolo dello sbalzo, premete sul pulsante *Applica* oppure, in alternativa, sul pulsante *Ripristina*, qualora lo vogliate disegnare nuovamente. Infine, dopo aver definito gli estremi liberi necessari per generare un'area chiusa, è possibile inserire un nuovo solaio.




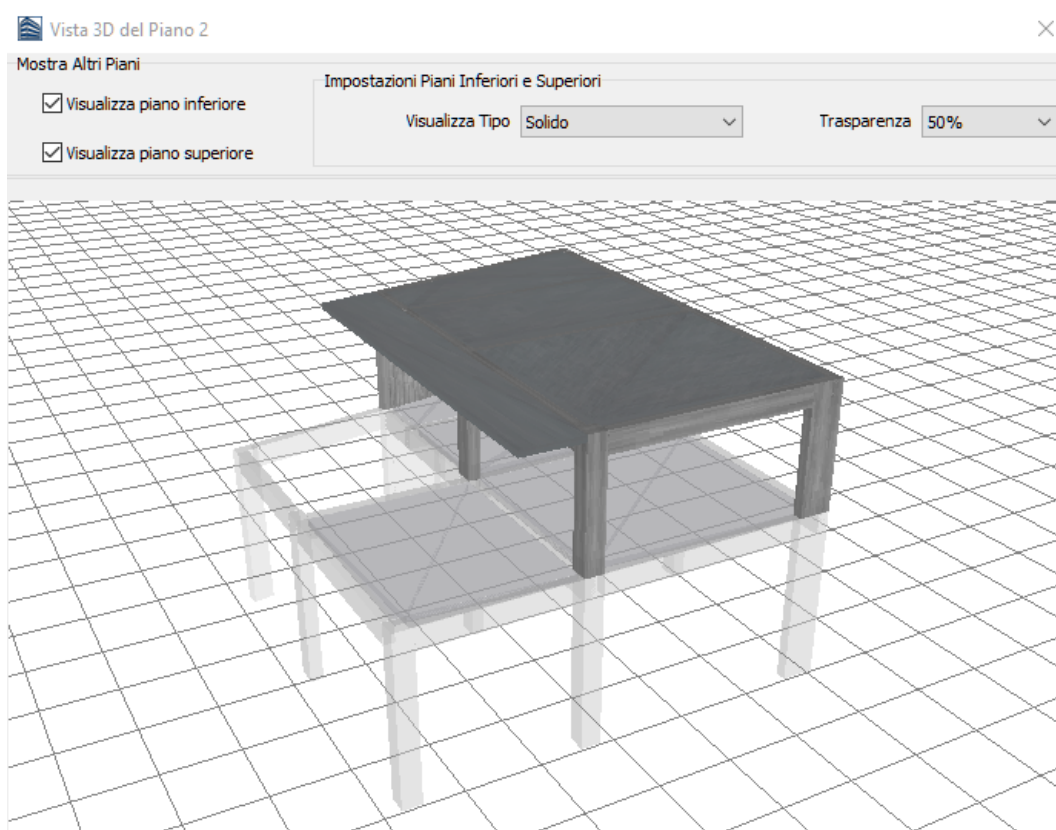
### Modellatore Edifici – Aggiunta di un Estremo Libero

Dopo aver creato il modello, è abbastanza comune che, per motivi grafici (ad esempio, estendendo leggermente un estremo della trave oltre l'estremità di un pilastro), siano state create involontariamente una o più travi molto corte. Per questo motivo, è bene eseguire un controllo, dal menu principale (*Strumenti > Verifica Connettività*) oppure attraverso il pulsante corrispondente della barra degli strumenti , sull'esistenza di qualsiasi trave con luce libera più piccola dell'altezza della sezione. Se vengono rilevate tali travi, appare il messaggio mostrato nella figura seguente per l'utente.




### Modellatore Edifici – Verifica Connettività

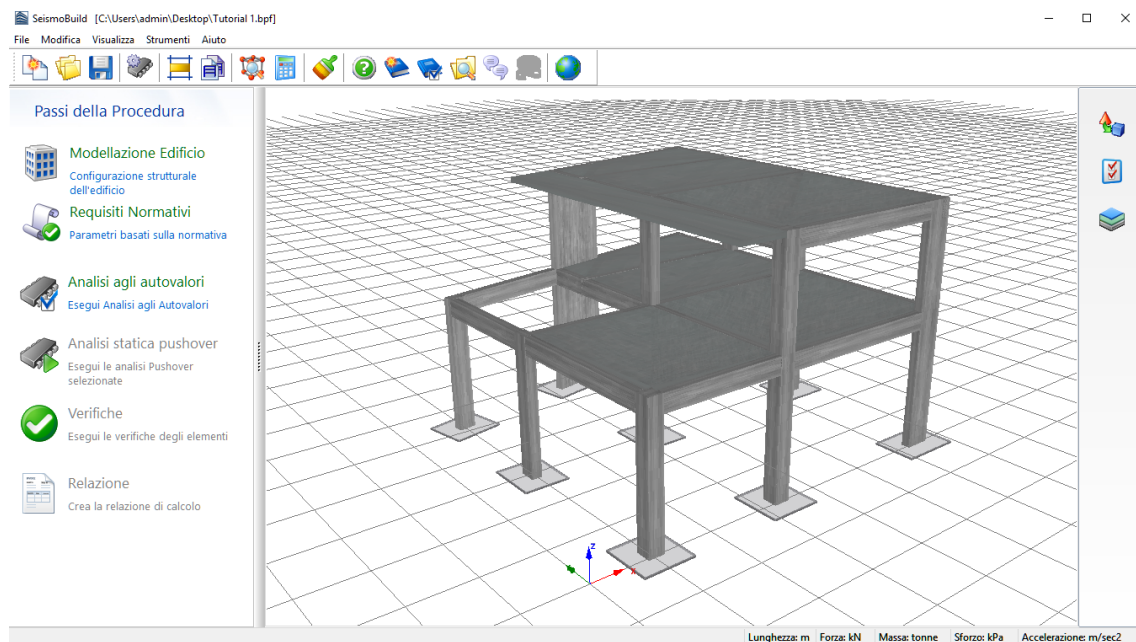
Infine, attraverso il pulsante  della barra degli strumenti potete anche visualizzare il modello 3D del piano corrente per verificare la sua corretta definizione.



### Modellatore Edifici – Finestra della vista 3D di piano

Una volta definito completamente il modello dell'edificio, salvate il progetto come un file di SeismoBuild (ossia con l'estensione \*.bpf, ad esempio Tutorial\_1.bpf) accedendo al menu principale (*File > Salva con nome...*)/(File > Salva) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti .

A questo punto siete pronti per andare nella Finestra Principale di SeismoBuild. Questo può essere fatto accedendo al menu principale (*File > Esci & Crea Modello 3D*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti .



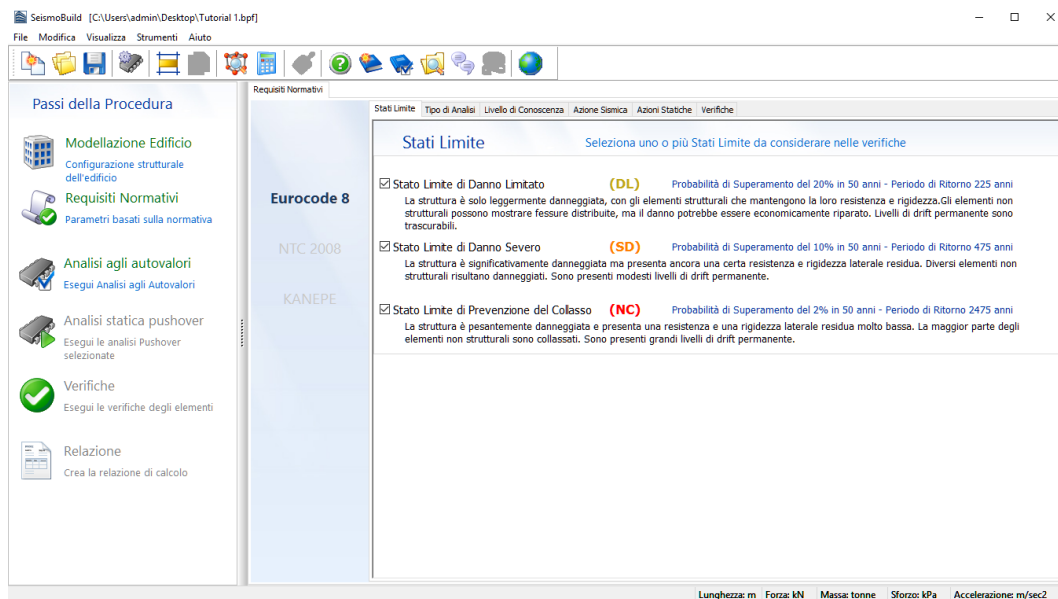
Finestra Principale di SeismoBuild

## Requisiti Normativi

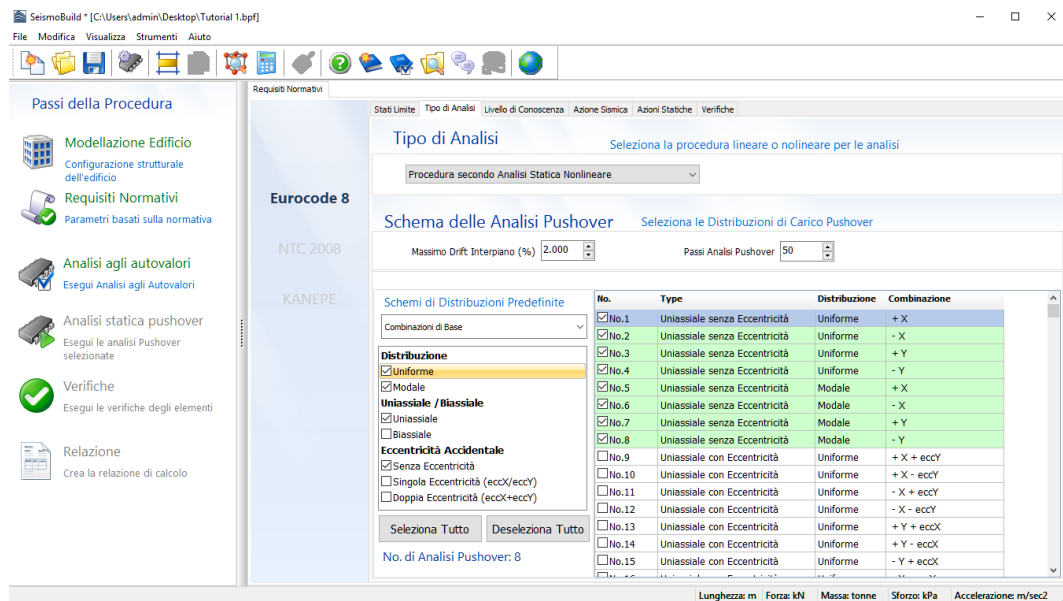
Nel modulo Requisiti Normativi è possibile definire i parametri e le opzioni basati sulla normativa. Per quanto riguarda l'Eurocodice 8 sono disponibili le seguenti schede: gli Stati Limite, la Tipologia di Analisi, il Livello di Conoscenza, l'Azione Sismica, le Azioni Statiche e le Verifiche.

Nell'ambito del presente tutorial vengono fatte le seguenti scelte per quanto riguarda i parametri e le opzioni di normativa:

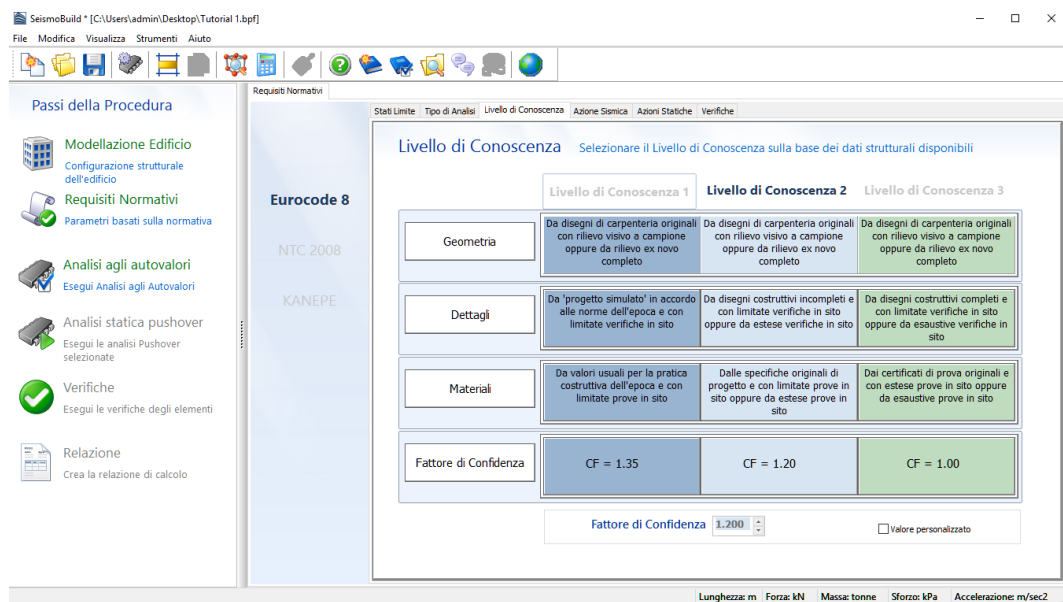
- Per le verifiche vengono usati tutti gli Stati Limite disponibili nell'EC8, ossia lo Stato Limite di Danno Limitato, di Danno Significativo e di Collasso;



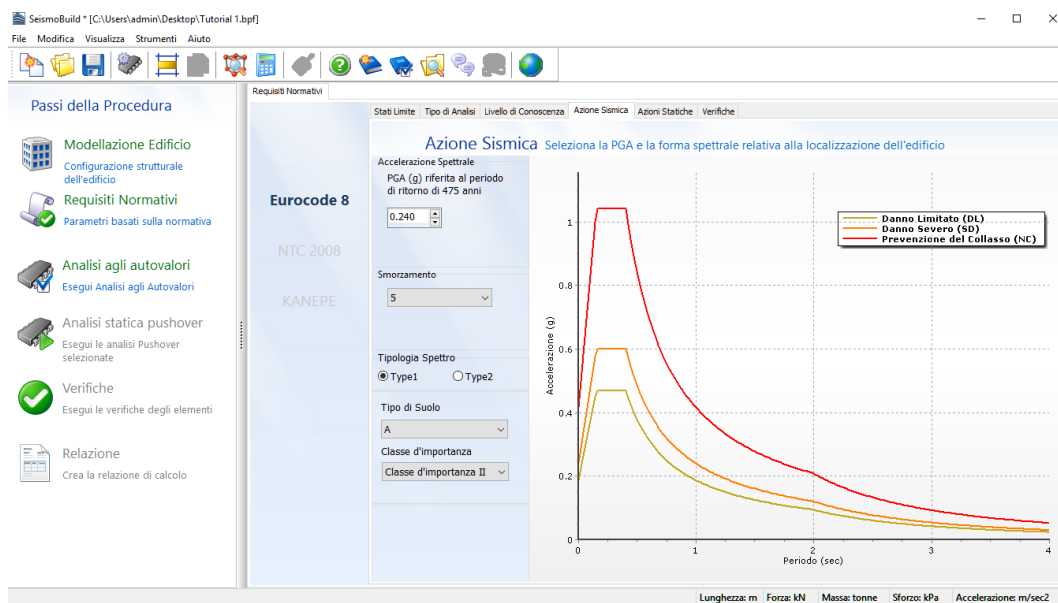
- Come tipologia di analisi viene selezionata la Procedura Statica Nonlineare, considerando le otto distribuzioni di carico basilari (ossia distribuzioni uniassiali uniformi o proporzionali al primo modo senza eccentricità);



- Viene selezionato il Livello di Conoscenza KL2, con un fattore di confidenza pari a 1.2;



- Il valore della PGA è impostato pari a 0.24g, mentre per quanto riguarda gli altri parametri vengono utilizzati i valori di default (smorzamento del 5%, forma spettrale Tipo 1, tipologia di suolo A e classe d'importanza II);



- I coefficienti dei Carichi Permanenti e di quelli Variabili sono posti, rispettivamente, pari a 1.0 e 0.3;
- Infine si opta per svolgere tutte le verifiche strutturali, ossia le verifiche di capacità di rotazione alla corda e di resistenza a taglio degli elementi, le verifiche di resistenza a taglio dei nodi, le verifiche dell'area delle staffe orizzontali e dell'armatura verticale dei nodi. Infine, lasciate i valori di default per tutti i fattori di sicurezza.

## Parametri di Analisi e Modellazione

Nel modulo *Parametri di Analisi e Modellazione*, accessibile dal menu principale (*Strumenti > Parametri di Analisi e Modellazione*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti

,possono essere definiti i parametri specifici per l'analisi numerica. Per comodità degli utenti, e al fine di evitare l'introduzione di valori che possono portare a difficoltà di convergenza nelle analisi, sono disponibili degli schemi di analisi predefiniti. Nella seguente figura vengono mostrati i parametri di analisi e modellazione selezionati:

Parametri Analisi

**Efficienza** **Accuratezza**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Lo schema di impostazioni selezionato sembra ragionevole

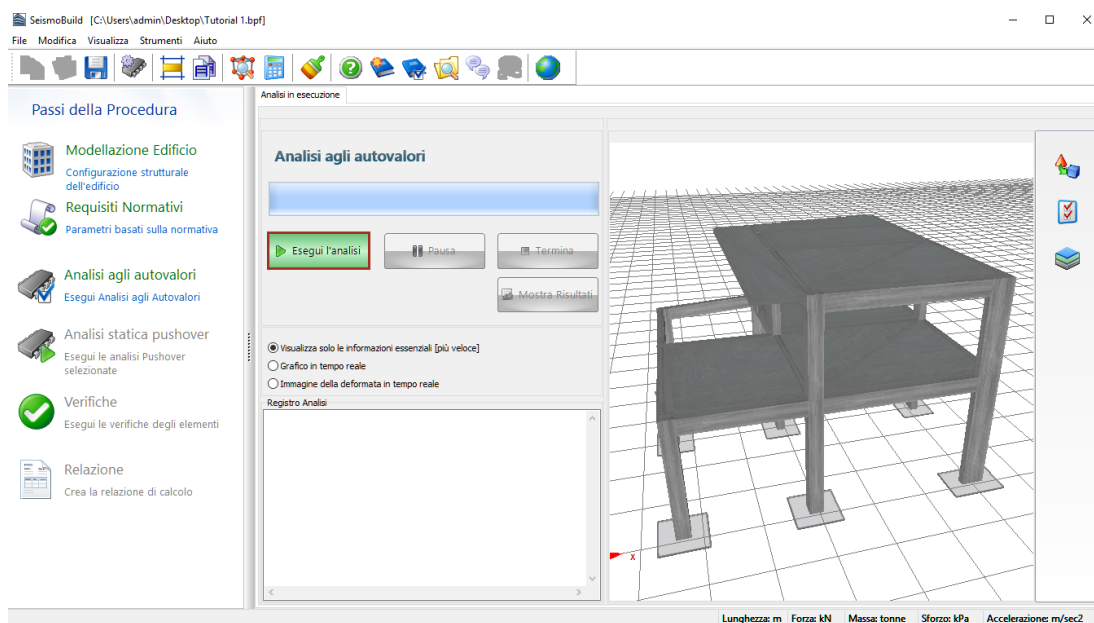
Classe di Elementi Frame (pilastri-travi)	FBPH
Classe di Elementi Frame (pareti)	FB
Includi Nonlinearità Geometriche	Si
Tipologia Collegamenti/Diaframmi Rigidi	Funzioni Penalty
Collegamenti Rigidi: Esponente Funzioni Penalty	1e14
Diaframmi Rigidi: Esponente Funzioni Penalty	1e10
Tipo di Convergenza	Basato su Spostamenti/Rotazioni
Criterio basato su spostamenti	0.0001
Criterio basato su rotazioni	0.0001
Valore della Forza di Riferimento	-
Valore del Momento di Riferimento	-
Numero Massimo di Iterazioni:	40
Numero di Aggiornamenti della Rigidezza:	35
Iterazione di Divergenza:	35
Massima tolleranza:	1e20
Riduzione Massima del Passo:	0.001
Numero Minimo di Iterazioni:	1
Numero di Autovalori	10
Modello Materiale Calcestruzzo	con_ma
Modello Materiale Acciaio	stl_mp
Massimo Drift Interpiano Totale (%)	2.00
Passi Analisi Pushover	50

Impostazioni Avanzate Impostazioni Predefinite Ok Cancell

**Nodulo Parametri di Analisi**

## Analisi agli Autovalori

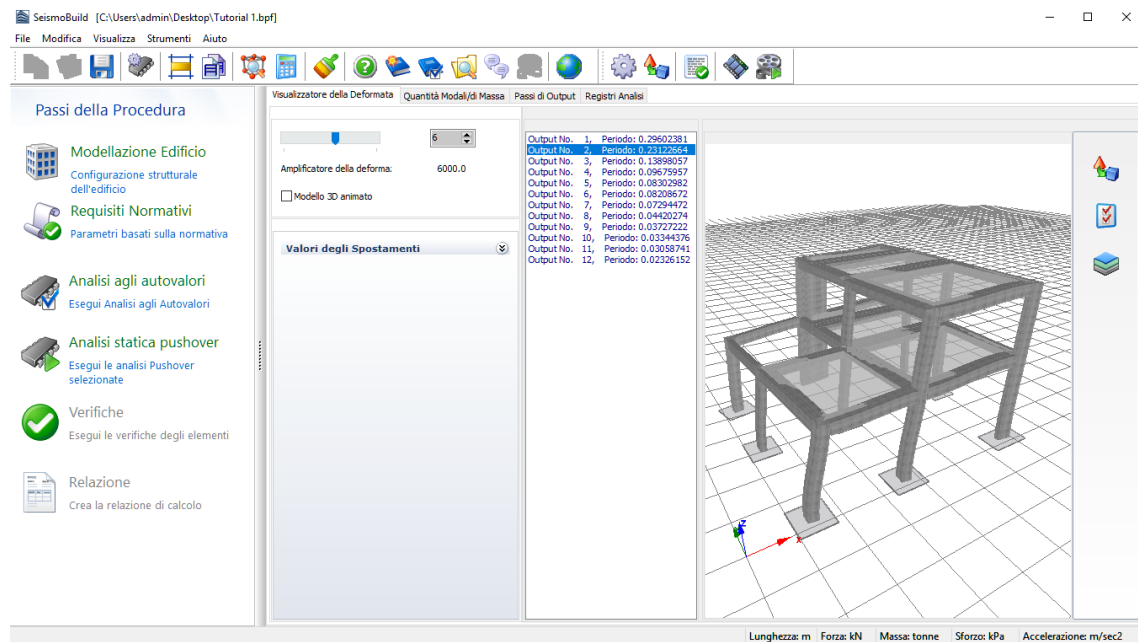
In questo modulo svolgete l'analisi agli autovalori.



**Analisi agli Autovalori**



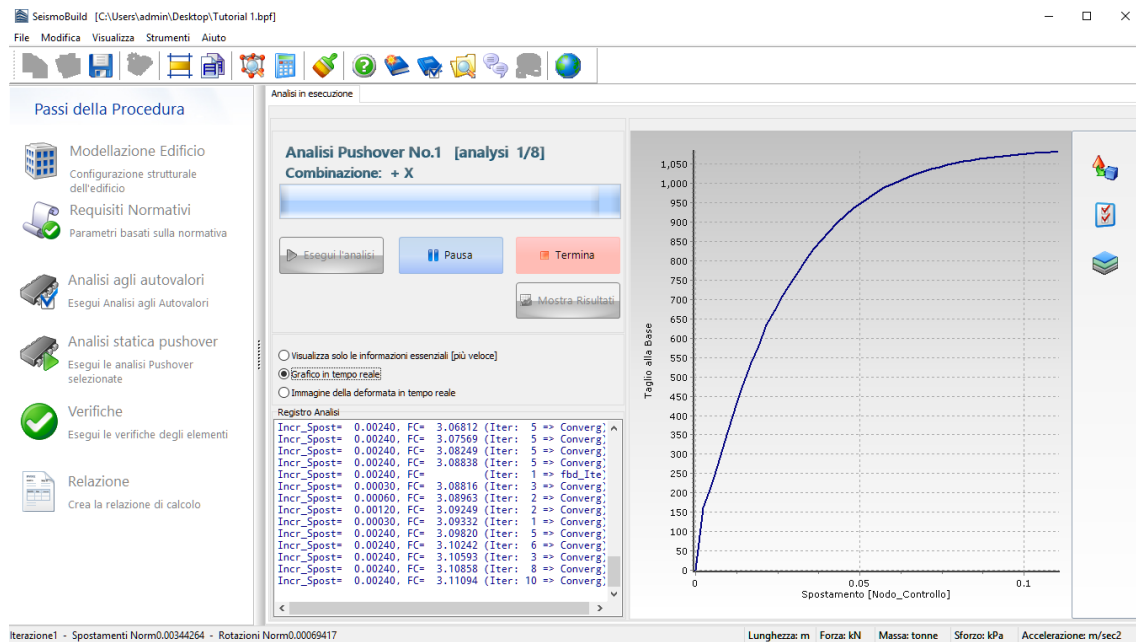
Una volta eseguita l'analisi, potete visualizzare i risultati premendo sul pulsante *Mostra Risultati*



**Risultati dell'Analisi agli Autovalori**

## Analisi Pushover

Premete sul pulsante Esegui Analisi per far partire tutte le analisi pushover selezionate.

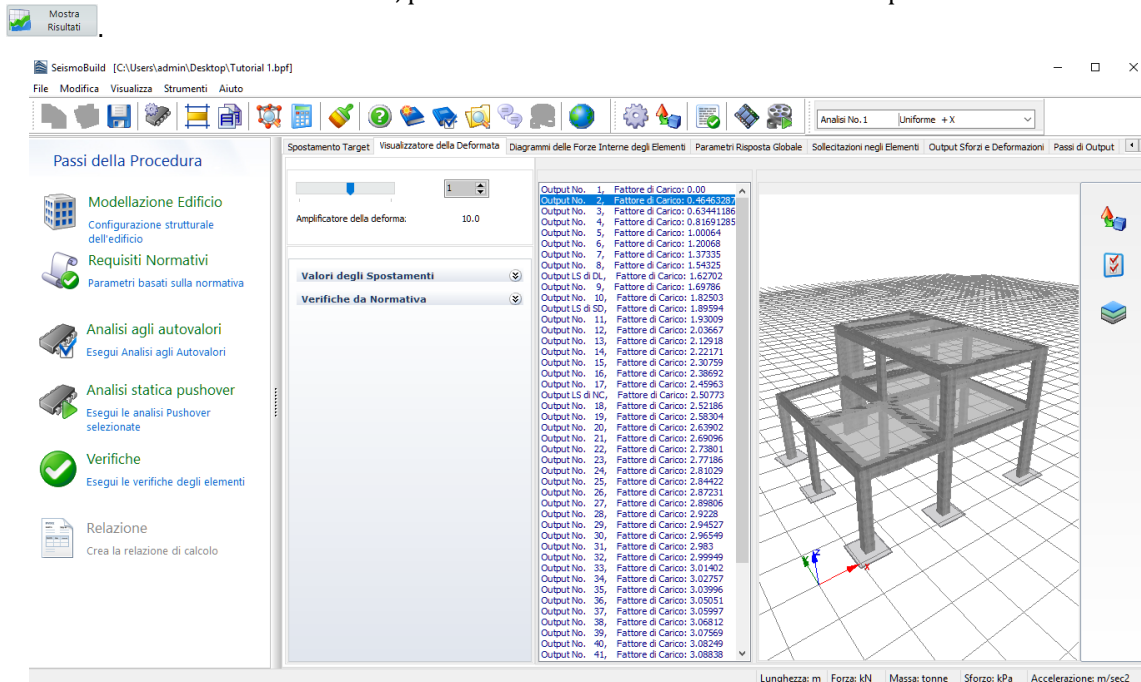


**Svolgimento dell'analisi pushover**



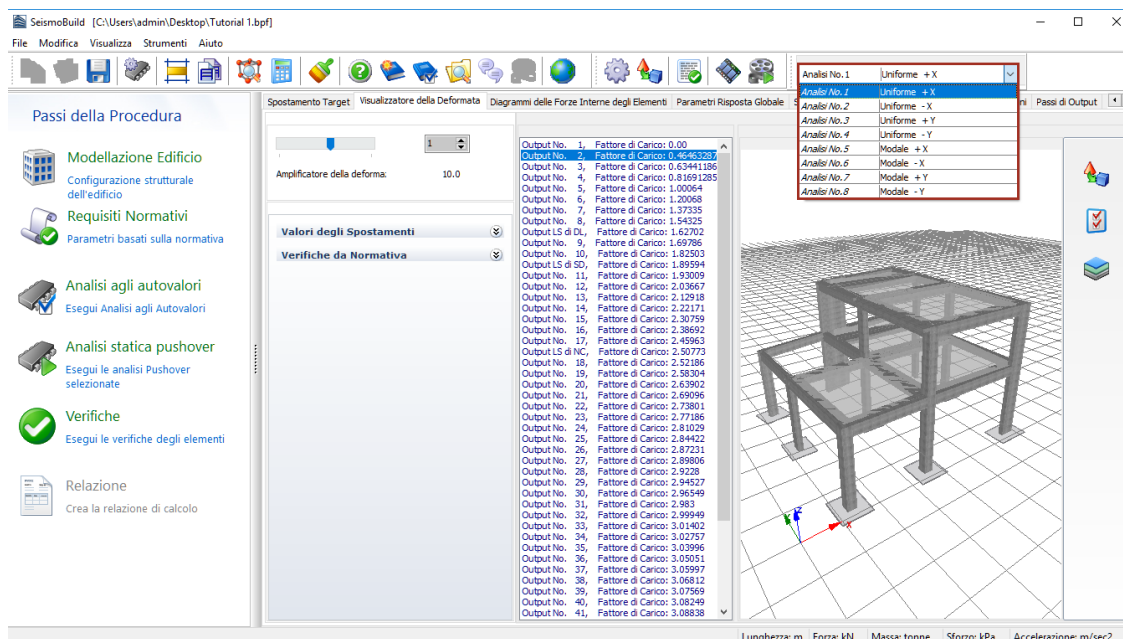
**NOTA:** È possibile scegliere tra le seguenti tre opzioni di visualizzazione: (i) vedere solo le informazioni essenziali, (ii) grafico in tempo reale (in questo caso viene mostrata la curva di capacità Taglio alla Base vs. Spostamento in sommità) e (iii) deformata in tempo reale. La prima è l'opzione che garantisce analisi più veloci.

Una volta terminate tutte le analisi, potete visualizzare i risultati cliccando sul pulsante Mostra Risultati



### Risultati Analisi Pushover

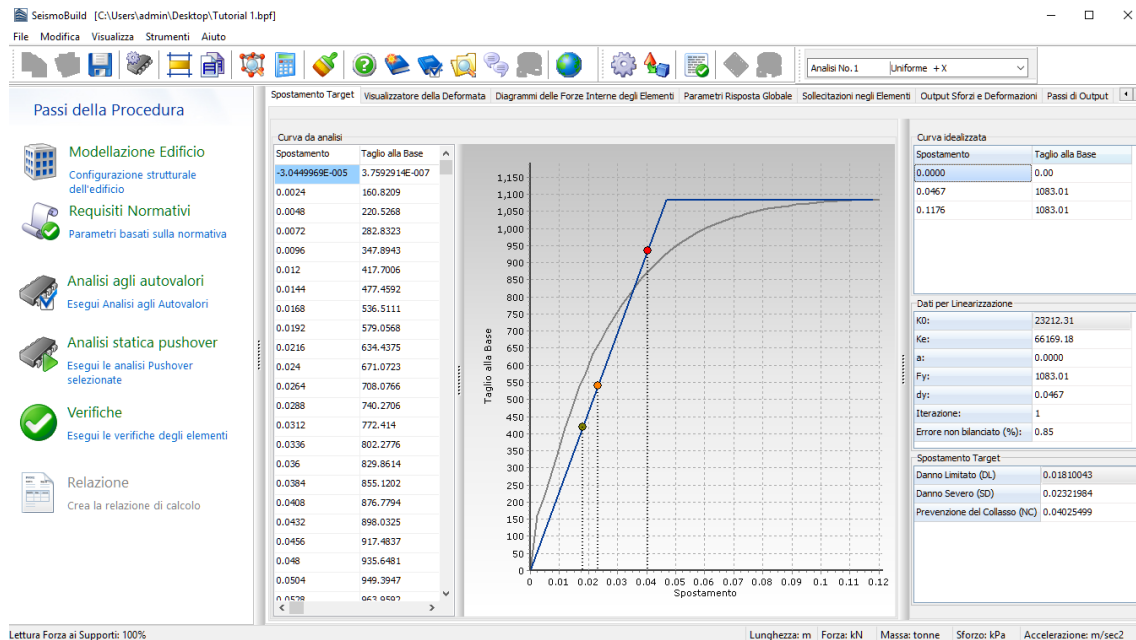
Dal corrispondente menu a discesa della barra degli strumenti potete scegliere quali risultati visualizzare.



### Selezione dei risultati delle analisi pushover da visualizzare

## Mostra Risultati – Spostamento Target

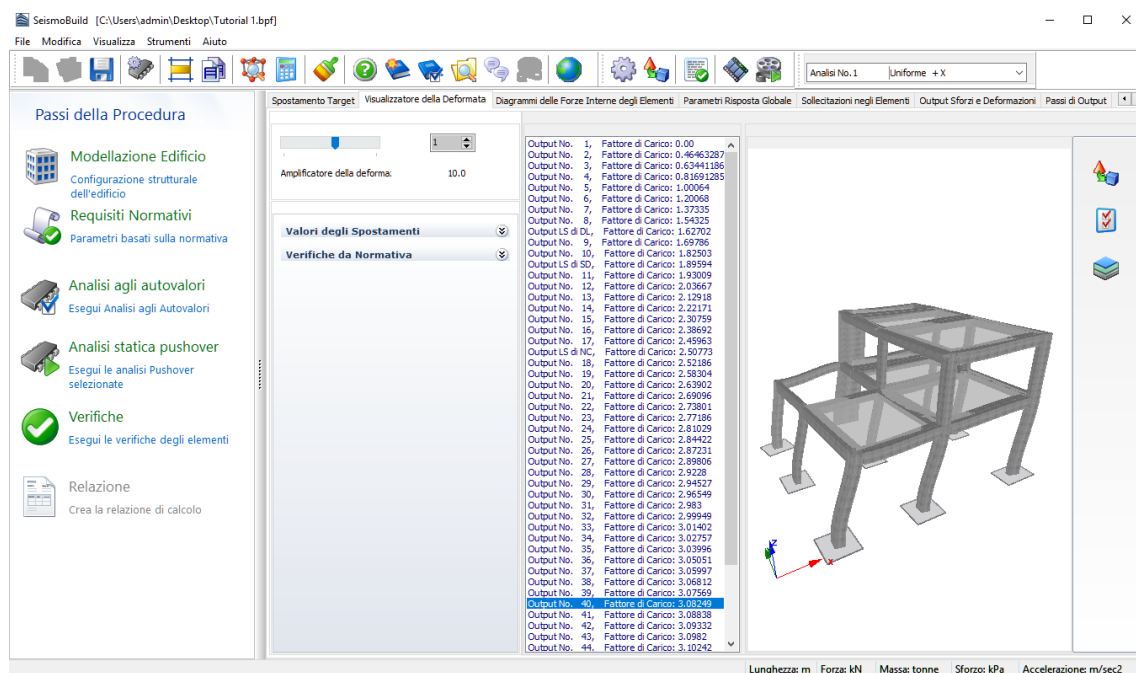
Nel modulo **Spostamento Target** potete visualizzare la curva di capacità ottenuta per ciascuna analisi pushover, la curva bi-lineare idealizzata, così come i valori degli spostamenti target allo Stato Limite considerato– Collasso, Danno Significativo oppure Danno Limitato.



## Spostamento Target

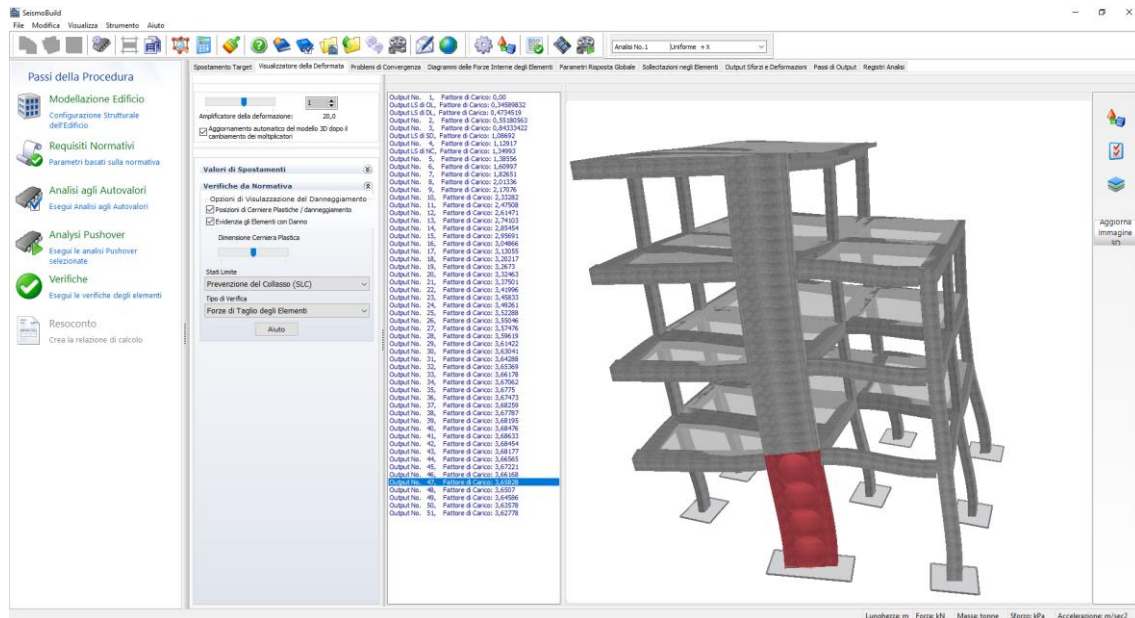
## Mostra Risultati – Visualizzatore Deformata

Nel **Visualizzatore Deformata**, potete visualizzare la deformata ad ogni passo dell'analisi (premete sull'output desiderato per aggiornare la visualizzazione della deformata).



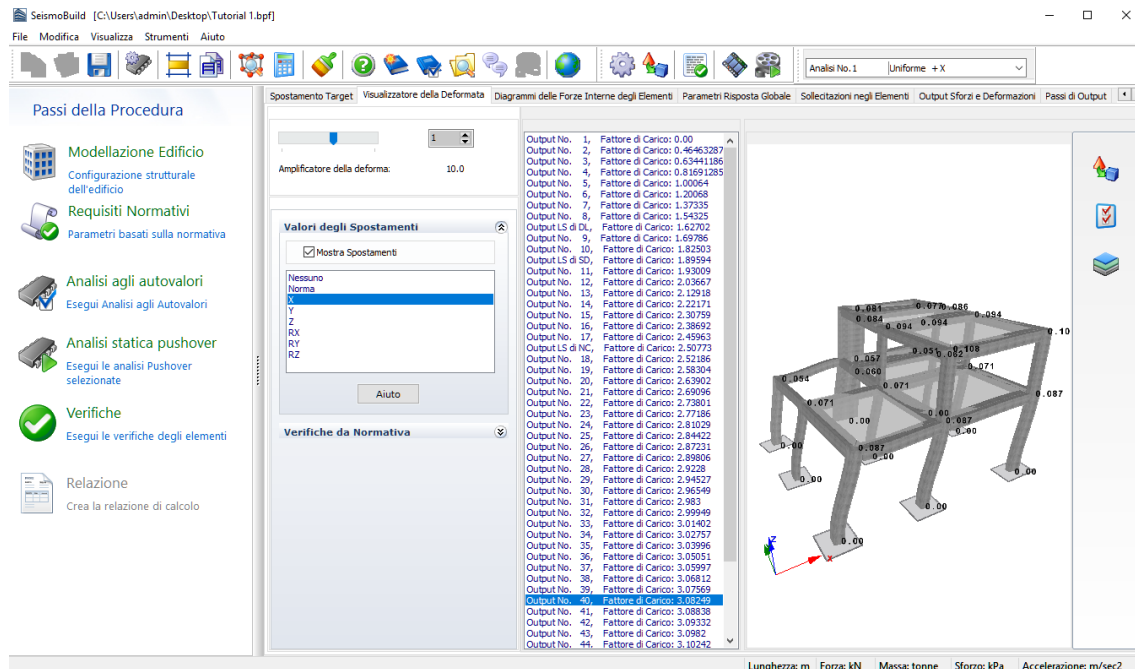
## Modulo Visualizzatore della Deformata

Possono essere visualizzati gli elementi che superano la loro capacità secondo una specifica normativa, selezionando l'opzione *Verifiche da Normativa* e selezionando la relativa spunta se si vogliono visualizzare le posizioni delle cerniere plastiche/danneggiamenti, così come evidenziare gli elementi danneggiati attraverso il colore.



### Modulo Visualizzatore della Deformata, visualizzazione Verifiche da Normativa

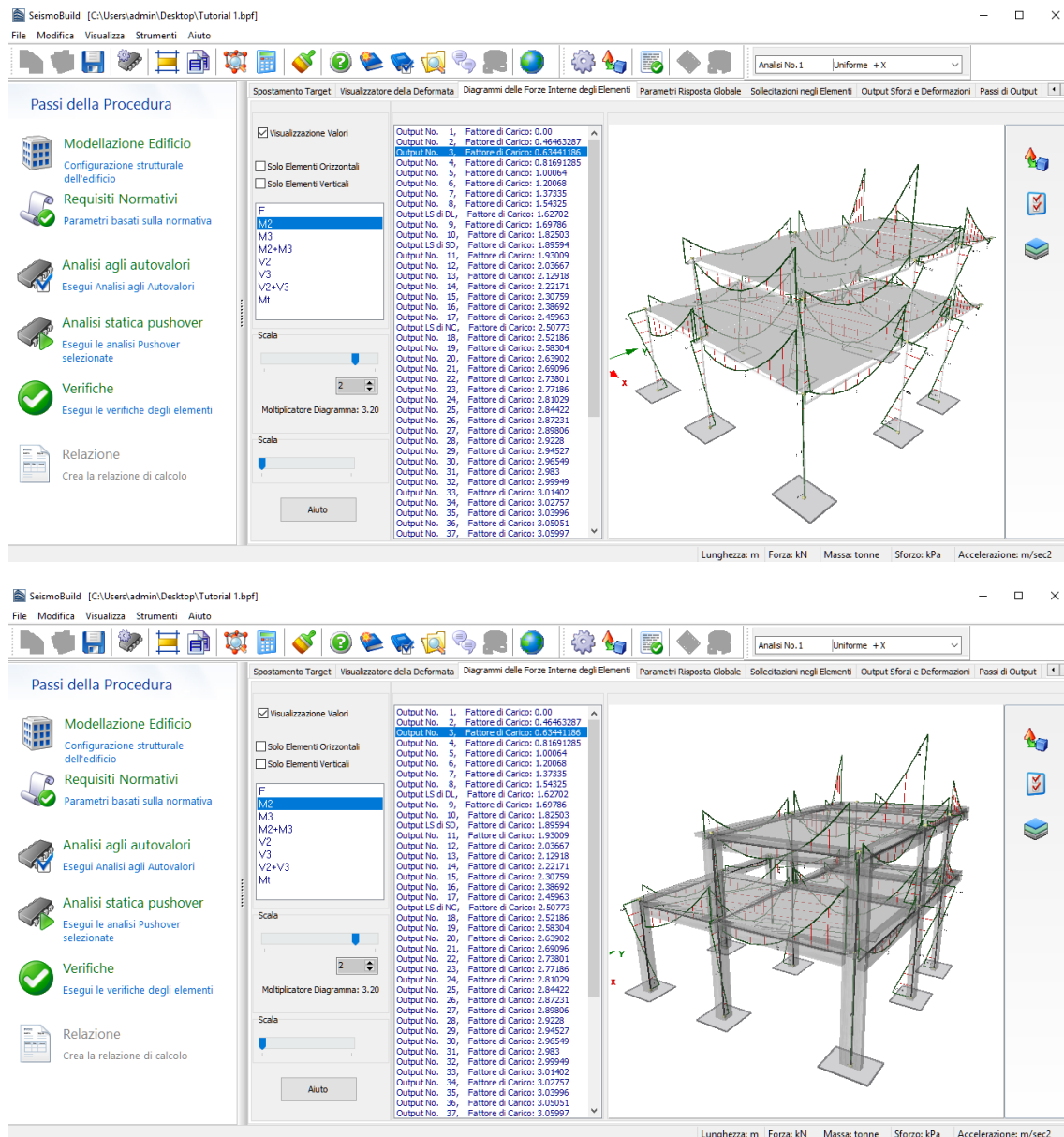
È anche possibile visualizzare i valori degli spostamenti selezionando le opportune caselle.



### Modulo Visualizzatore della Deformata con visualizzazione degli spostamenti

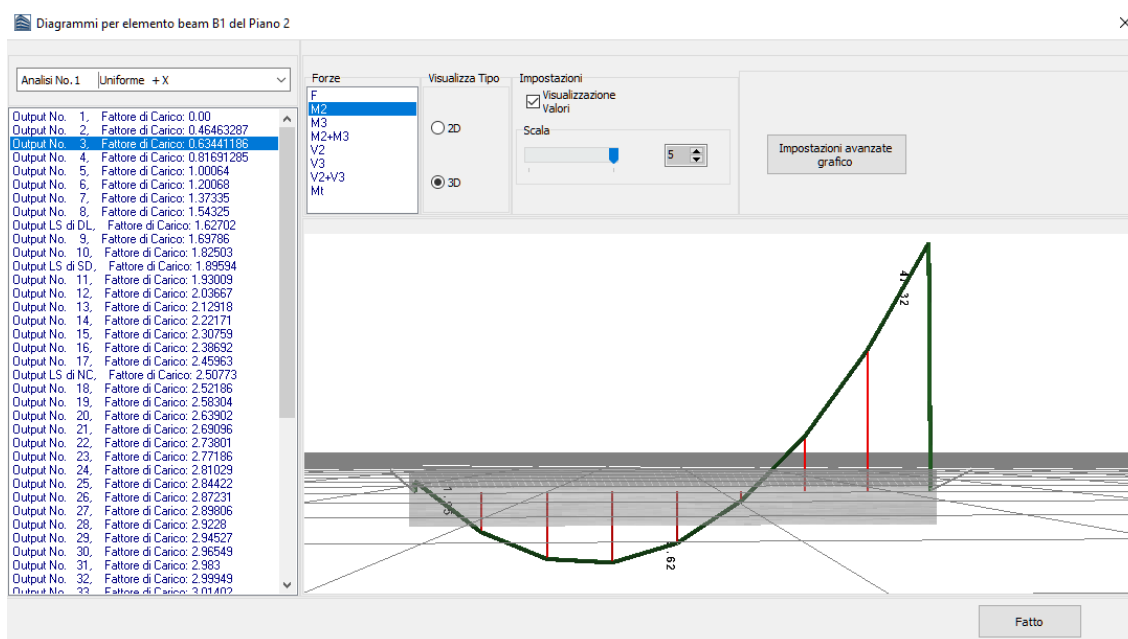
## Mostra Risultati – Diagrammi delle Sollecitazioni

Nel modulo **Diagrammi delle Sollecitazioni** è possibile visualizzare i diagrammi delle forze interne per ciascun passo dell'analisi, come mostrato nel seguito:

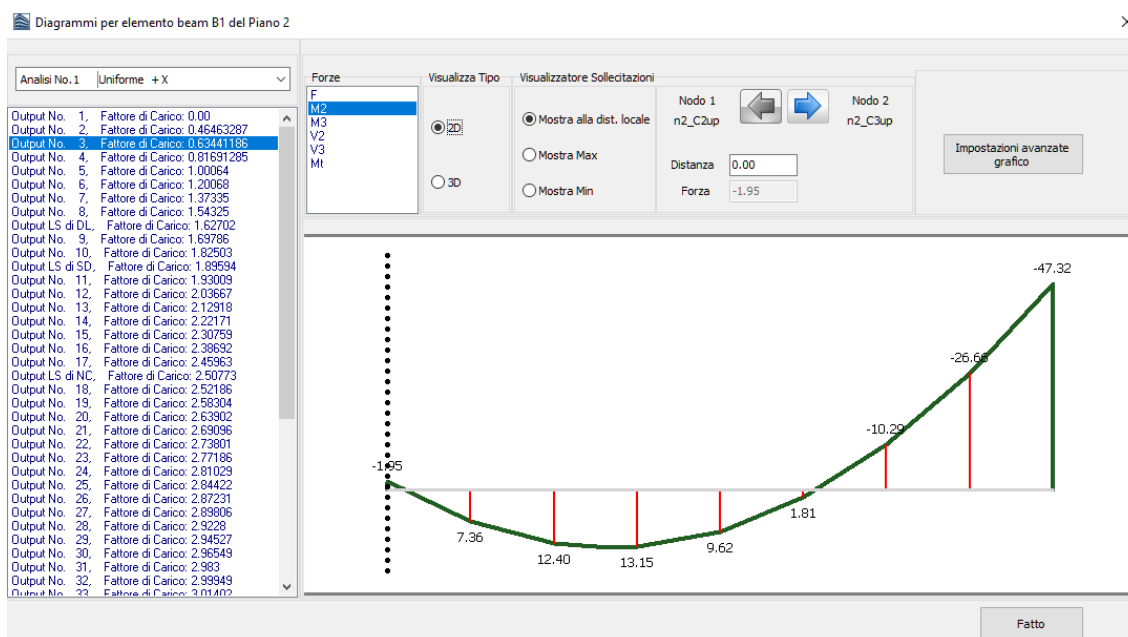


### Modulo Diagrammi delle Sollecitazioni

Facendo doppio-click su un qualsiasi elemento potete vedere, in 3D o 2D, i suoi diagrammi di sollecitazione, come mostrato nelle figure seguenti:



Diagrammi per un elemento trave in 3D



Diagrammi per un elemento trave in 2D

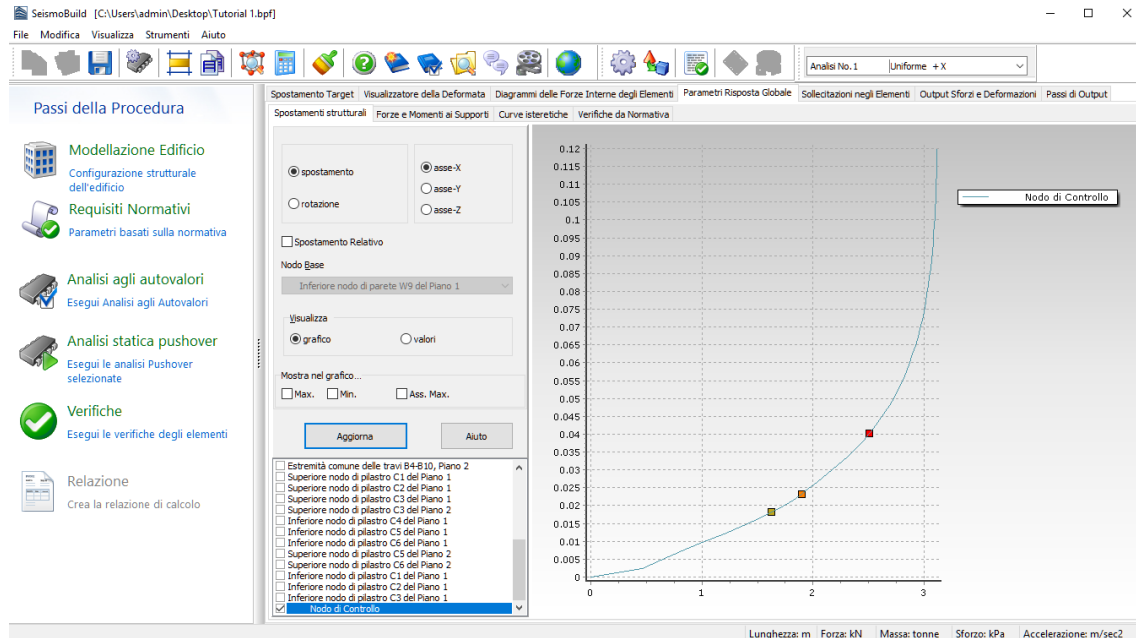
### Mostra Risultati – Parametri Risposta Globale

Nel modulo **Parametri Risposta Globale** potete estrapolare i seguenti risultati: (i) gli spostamenti strutturali, (ii) le forze e i momenti ai supporti, (iii) le curve isteretiche e (iv) le tabelle per le verifiche basate sulla normativa.

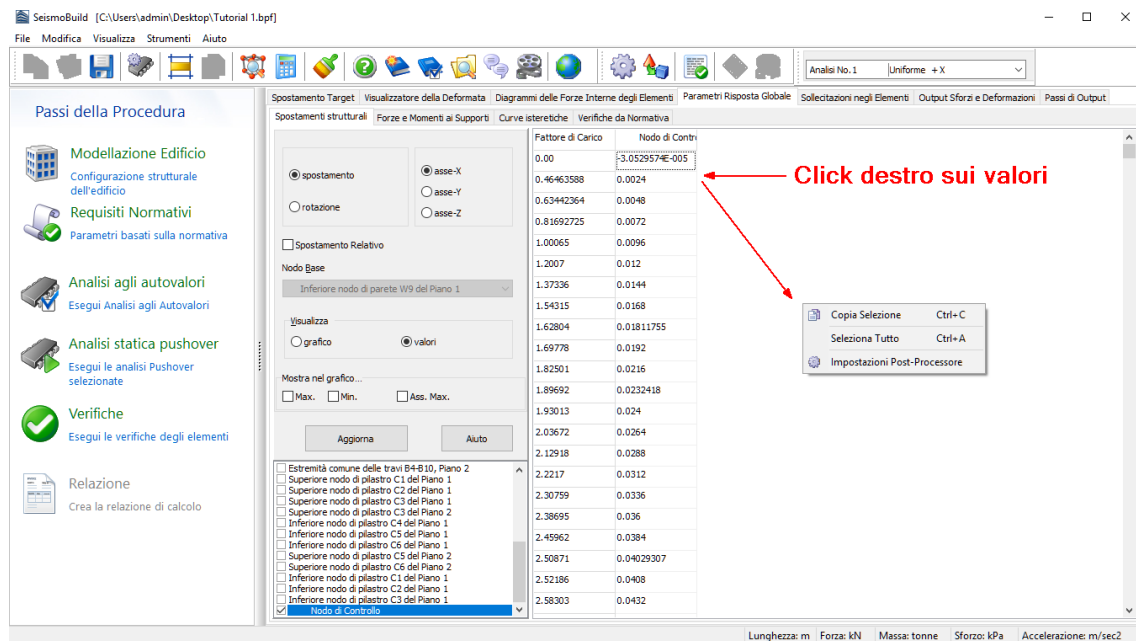
Quindi, per visualizzare gli spostamenti in direzione x di un nodo in sommità della struttura, (i) andate nel sotto-menu (tab) *Spostamenti Strutturali*, (ii) selezionate, rispettivamente, *spostamento* e *asse-x*, (iii) selezionate il nodo dalla lista (→ *Nodo superiore del pilastro C5 del Piano 2*) barrando la casella corrispondente, (iv) scegliete il tipo di visualizzazione dei risultati (*grafico* oppure *valori*) e infine (v) premete il pulsante *Aggiorna*.



**NOTA:** Questi risultati sono definiti nel sistema di coordinate globale e possono essere esportati in un foglio di Excel (o simili), come mostrato nel seguito.

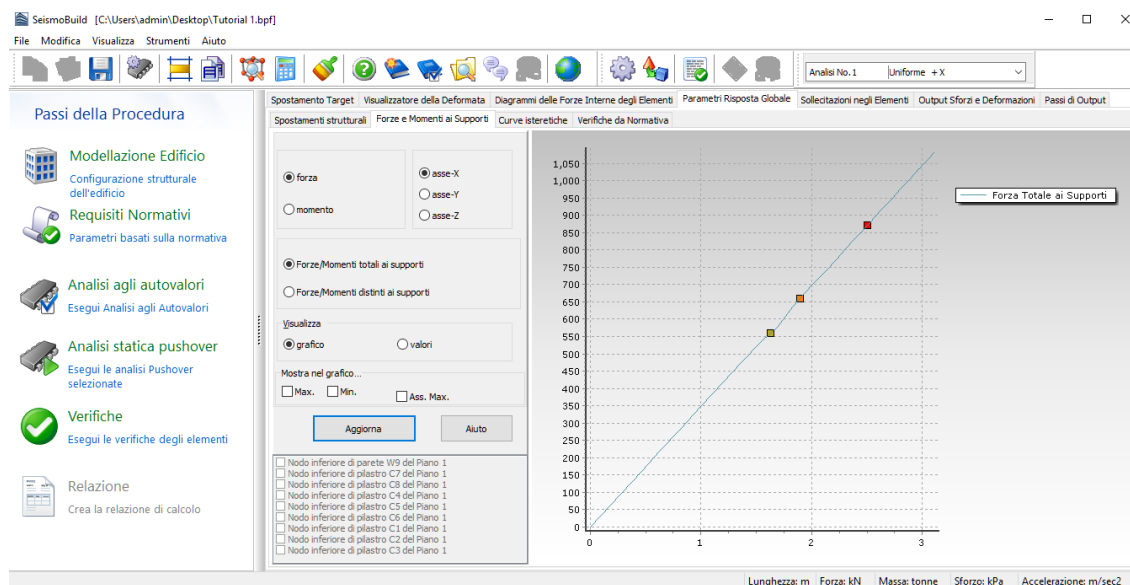


### Modulo Parametri di Risposta Globale (Spostamenti Strutturali – modalità grafico)



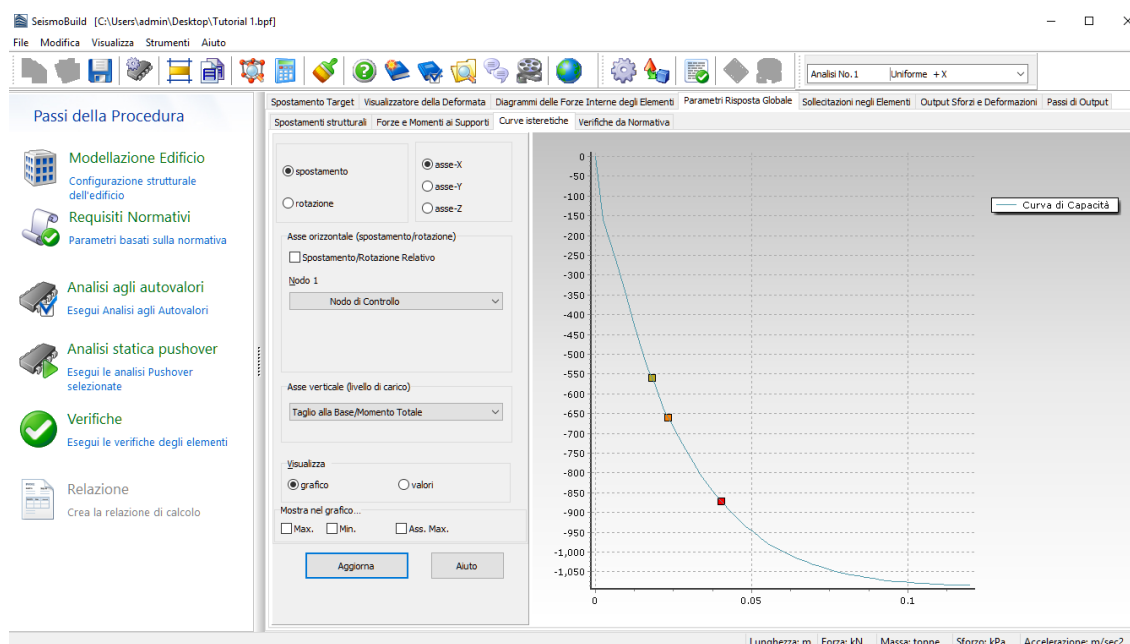
### Modulo Parametri di Risposta Globale (Spostamenti Strutturali – modalità valori)

Per ottenere, invece, le forze totali ai supporti (ad esempio il taglio totale alla base), (i) andate nel sottomenu *Forze e Momenti ai supporti*, (ii) selezionate, rispettivamente, *forza e asse-x* e *forze/momenti totali ai supporti*, (iii) scegliete il tipo di visualizzazione dei risultati (*grafico* oppure *valori*) e infine (iv) premete il pulsante *Aggiorna*.



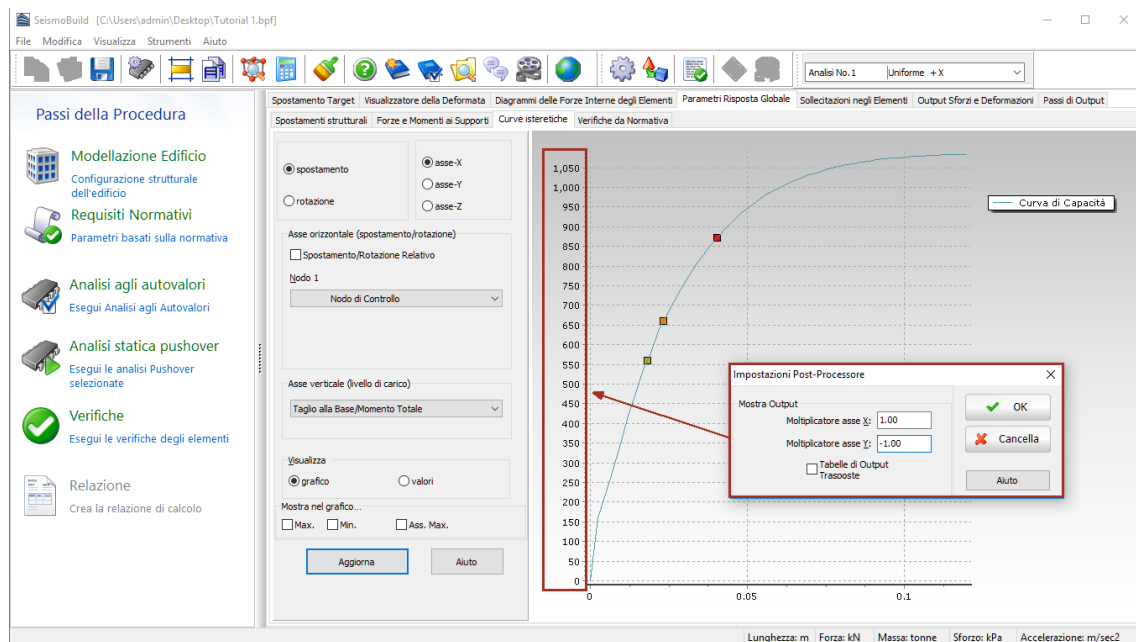
### Modulo Parametri di Risposta Globale (Forze e Momenti ai supporti – modalità grafico)

Per plottare la curva di capacità della struttura analizzata (ossia taglio totale alla base vs. spostamento di un nodo in sommità), (i) spostatevi nel sotto-menu *Curve Isteretiche*, (ii) selezionate, rispettivamente, *spostamento* e *asse-x*, (iii) selezionate il nodo dal menu a discesa (ad esempio, Nodi di Controllo) per l'asse delle ascisse, (iv) selezionate l'opzione *Taglio alla Base/Momento Totale* per l'asse delle ordinate, (v) scegliete il tipo di visualizzazione dei risultati (*grafico* oppure *valori*) e infine (vi) premete il pulsante *Aggiorna*.



### Modulo Parametri di Risposta Globale (Curve Isteretiche – modalità grafico)

Per avere le forze di taglio positive, (i) fate click col tasto destro del mouse sulla finestra del grafico, (ii) selezionate *Impostazioni Post-Processore* e (iii) digitate il valore “-1” come moltiplicatore dell’asse Y.



### Modulo Parametri di Risposta Globale (Curve Isteretiche - modalità grafico)

Infine, per visualizzare le verifiche secondo Normativa ad ogni passo dell'analisi della vostra struttura, (i) fate click sulla scheda Verifiche secondo Normativa, (ii) selezionate dal menu a discesa la verifica denominata *chordRot\_Cap\_DL*, (iii) scegliete di visualizzare Tutto (in questo caso il programma fornisce i calcoli delle verifiche anche per gli elementi che non hanno raggiunto la loro capacità), (iv) selezionate i passi di Output che corrispondono allo Stato Limite di Danno Limitato (ossia Output LS of DL) e infine (vi) premete il pulsante *Aggiorna*.

Member	Estremo - Asse	Valore	Condizione	Stato
piastro C1 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.00122539	0.00644723	Non ancora raggiunto
piastro C1 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00348594	0.00732166	Non ancora raggiunto
piastro C1 del Piano 1	Estremo - asse(2)	0.00145111	0.00657394	Non ancora raggiunto
piastro C1 del Piano 1	Estremo - asse(3)	0.00141959	0.00576371	Non ancora raggiunto
piastro C2 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.00062859	0.00683091	Non ancora raggiunto
piastro C2 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00348601	0.00715091	Non ancora raggiunto
piastro C2 del Piano 1	Estremo - asse(2)	0.00053791	0.00665554	Non ancora raggiunto
piastro C2 del Piano 1	Estremo - asse(3)	0.00219992	0.00635505	Non ancora raggiunto
piastro C3 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.00017738	0.03512372	Non ancora raggiunto
piastro C3 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00350088	0.00595682	Non ancora raggiunto
piastro C3 del Piano 1	Estremo - asse(2)	0.00013474	0.03512372	Non ancora raggiunto
piastro C3 del Piano 1	Estremo - asse(3)	0.00129332	0.00535477	Non ancora raggiunto
piastro C4 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.00273597	0.01074839	Non ancora raggiunto
piastro C4 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00123797	0.00661323	Non ancora raggiunto
piastro C4 del Piano 1	Estremo - asse(2)	0.00124785	0.00822603	Non ancora raggiunto
piastro C4 del Piano 1	Estremo - asse(3)	0.00068395	0.00564061	Non ancora raggiunto
piastro C5 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.00273638	0.0118615	Non ancora raggiunto
piastro C5 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00064008	0.00752552	Non ancora raggiunto
piastro C5 del Piano 1	Estremo - asse(2)	0.00032695	0.00899281	Non ancora raggiunto
piastro C5 del Piano 1	Estremo - asse(3)	3.9096606E-005	0.00640631	Non ancora raggiunto
piastro C6 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.00273612	0.01084413	Non ancora raggiunto
piastro C6 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00021078	0.00650119	Non ancora raggiunto

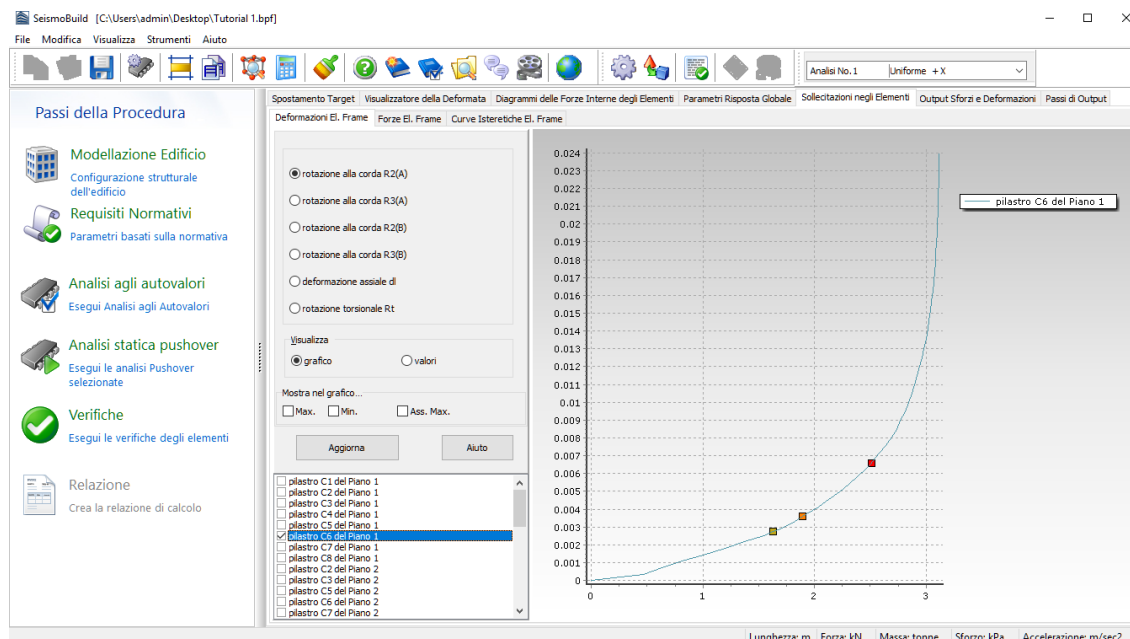
### Modulo Parametri di Risposta Globale (Verifiche secondo Normativa)

#### Mostra Risultati –Sollecitazioni negli Elementi

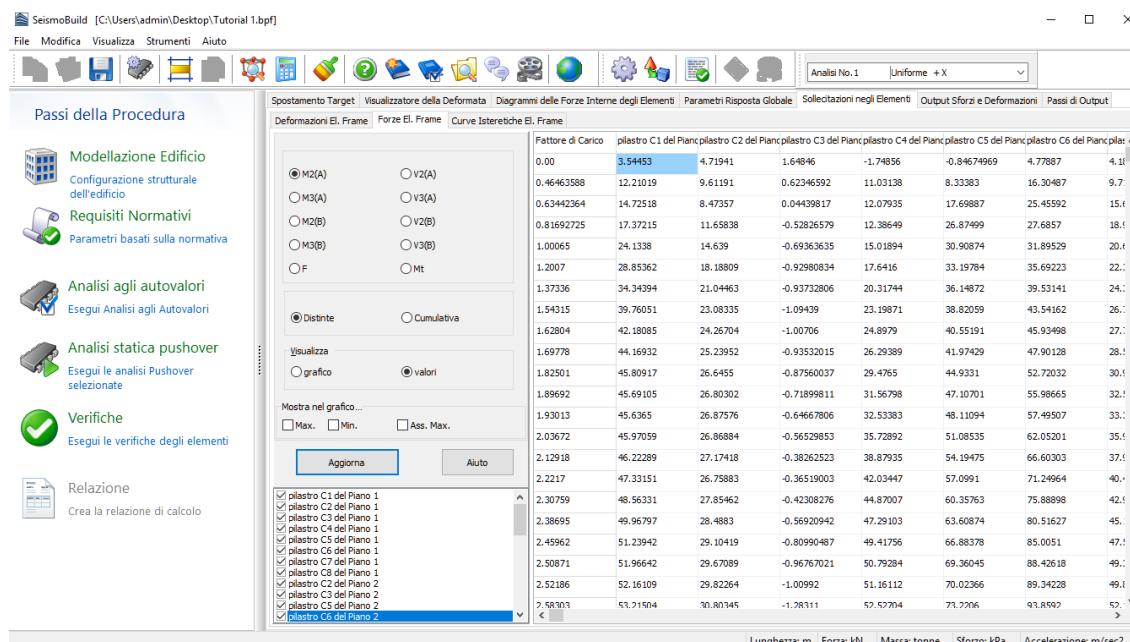
Per procedere con le verifiche sismiche prescritte dall'Eurocodice 8 è necessario controllare le **rotazioni alla corda** e le **forze di taglio degli elementi**.



Per questa ragione le schede *Deformazioni Elementi Frame* e *Forze Elementi Frame* possono risultare molto utili. Le rotazioni alla corda possono essere estrapolate direttamente (i) andando nel sotto-menu *Deformazioni Elementi Frame*, (ii) selezionando *rotazione alla corda* nella direzione di interesse (ossia R2), (iii) selezionando gli elementi dalla lista, barrando le caselle corrispondenti, (iv) scegliendo il tipo di visualizzazione dei risultati (*grafico* oppure *valori*) e infine (v) premendo il pulsante *Aggiorna*. Le forze di taglio degli elementi, invece, possono essere estrapolate (i) facendo click sulla scheda *Forze Elementi Frame*, (ii) selezionando il taglio nella direzione e per la sezione a cui siete interessati (ossia V2(A)), (iii) selezionando gli elementi dalla lista, barrando le caselle corrispondenti, (iv) scegliendo il tipo di visualizzazione dei risultati (*grafico* oppure *valori*) e infine (v) premendo il pulsante *Aggiorna*.



### Modulo Sollecitazioni negli Elementi (Deformazioni Elementi Frame – modalità grafico)



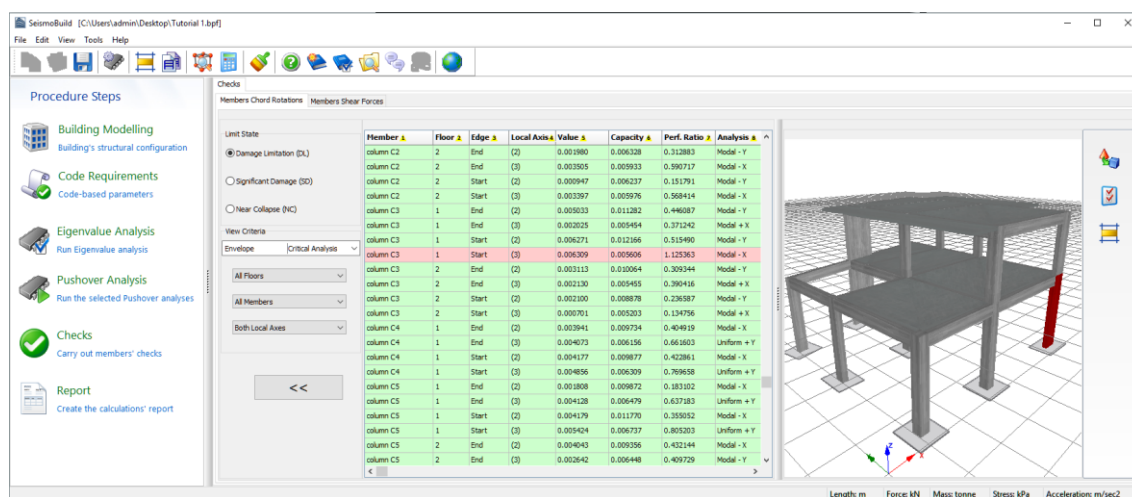
### Modulo Sollecitazioni negli Elementi (Deformazioni Elementi – modalità valori)

**NOTA: I risultati possono essere facilmente esportati in un foglio di calcolo (es. Excel o similari).**

## Verifiche

SeismoBuild offre la possibilità di effettuare in maniera automatica le verifiche di rotazione alla corda e di taglio per gli elementi strutturali, nonché le necessarie verifiche dei nodi trave-pilastro (forze di taglio, area delle staffe orizzontali e area di armatura verticale), seguendo le espressioni definite nella normativa selezionata, e per gli stati limite presi in considerazione. Tutto ciò può essere visualizzato nel modulo Verifiche della Finestra Principale del programma.

Il modulo **Verifiche** presenta una serie di pagine in cui i risultati delle verifiche degli elementi strutturali possono essere visualizzati (in formato tabellare e grafico), e poi copiati in qualsiasi altra applicazione di Windows. Gli utenti possono selezionare lo stato limite, nonché l'analisi, il piano, il tipo di elemento e l'asse locale per visualizzare i risultati. Gli elementi per i quali la domanda ha superato la capacità vengono visualizzati in rosso sia nella tabella che nel grafico 3D, come è illustrato nella figura seguente:

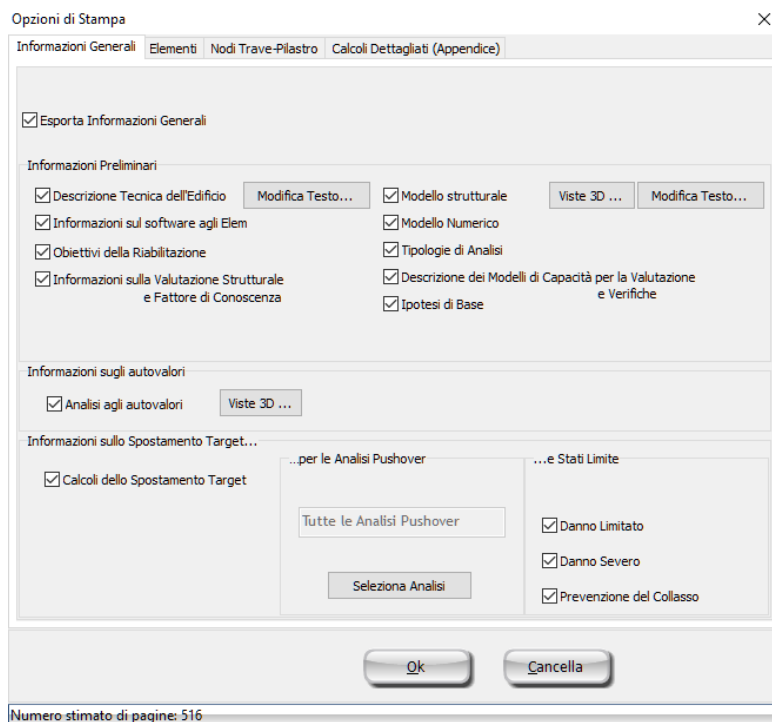


**Modulo Verifiche (Rotazioni alla corda degli elementi)**

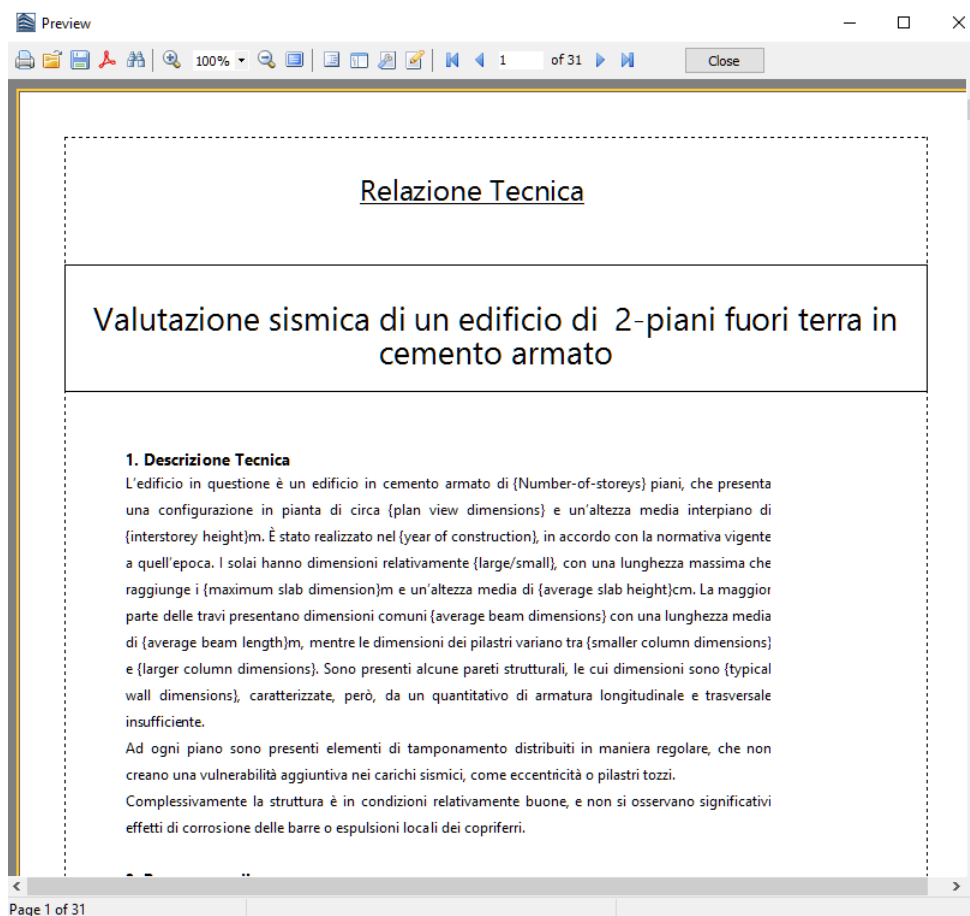
## Relazione

Una volta eseguite tutte le analisi e terminato il processo di verifica degli elementi strutturali, è possibile creare una relazione tecnica relativa alla valutazione dell'edificio in oggetto. Dopo aver premuto sul pulsante *Relazione* apparirà una finestra per definire le opzioni di output di stampa. Fate click sul pulsante *OK* e la relazione verrà creata automaticamente e visualizzata sullo schermo. La relazione può essere esportata nei formati PDF, RTF o HTML (solamente gli ultimi due sono editabili).

**NOTA: La creazione della relazione per un tipico edificio di 4 o 5 piani può impiegare 4-5 minuti prima di essere completata.**



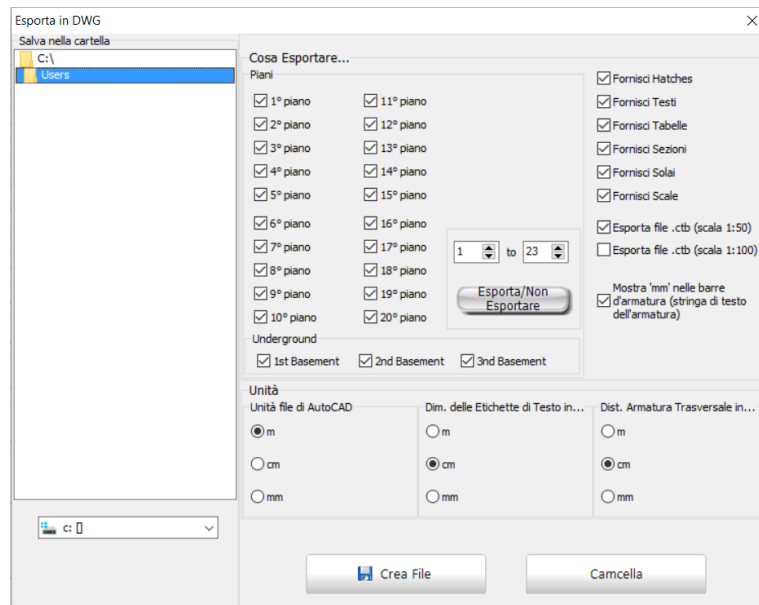
Opzioni di Stampa(Informazioni generali)



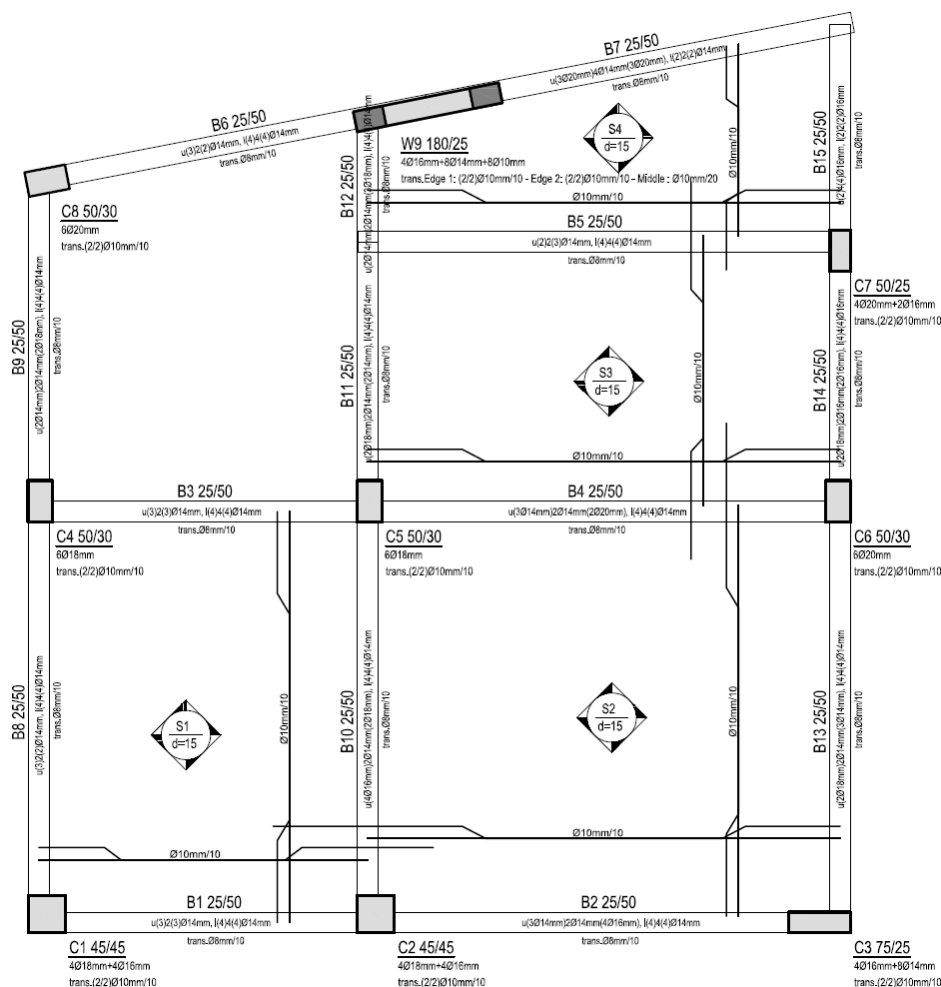
Relazione tecnica

## Disegni CAD

Infine, avete la possibilità di esportare una varietà di file di disegni CAD del modello strutturale (viste in pianta, sezioni degli elementi e tabelle delle armature), insieme a file \*.ctb creati appositamente e necessari per la stampa. Si prega di notare che l'esecuzione delle analisi non è un pre-requisito per l'esportazione dei file dei disegni CAD, infatti viene richiesta solamente l'introduzione della configurazione strutturale nel Modellatore Edifici.



**Esporta in DWG**



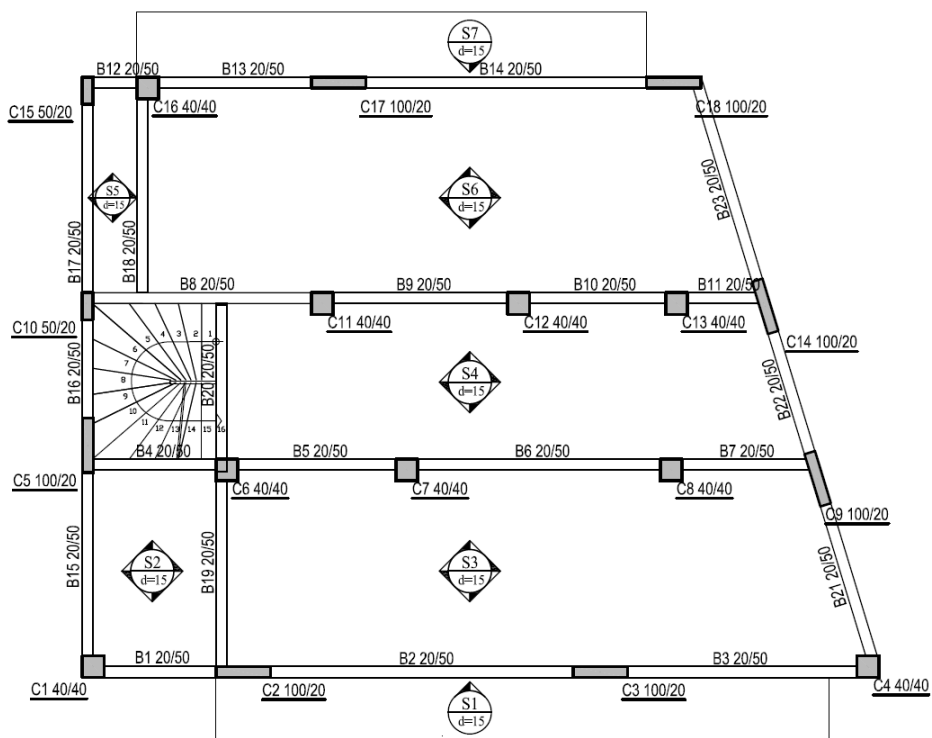
Disegno CAD

Congratulazioni! Avete terminato il vostro primo tutorial.

## TUTORIAL N.2 – VALUTAZIONE DI UN EDIFICIO DI TRE PIANI

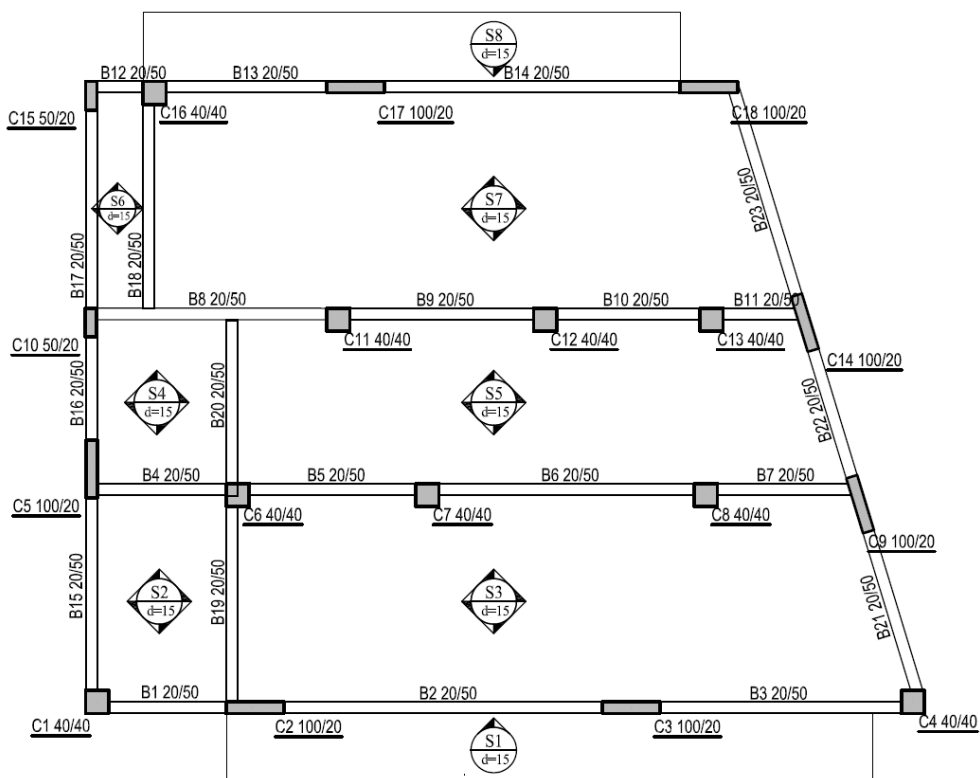
### Descrizione del Problema

Proviamo a modellare un edificio in cemento armato di tre piani fuori terra, per il quale si richiede di valutare la sua capacità in accordo con gli Eurocodici. La geometria è la medesima a tutti i piani, come mostrato nelle planimetrie sottostanti; l'unica differenza è data dai solai inclinati al terzo piano.

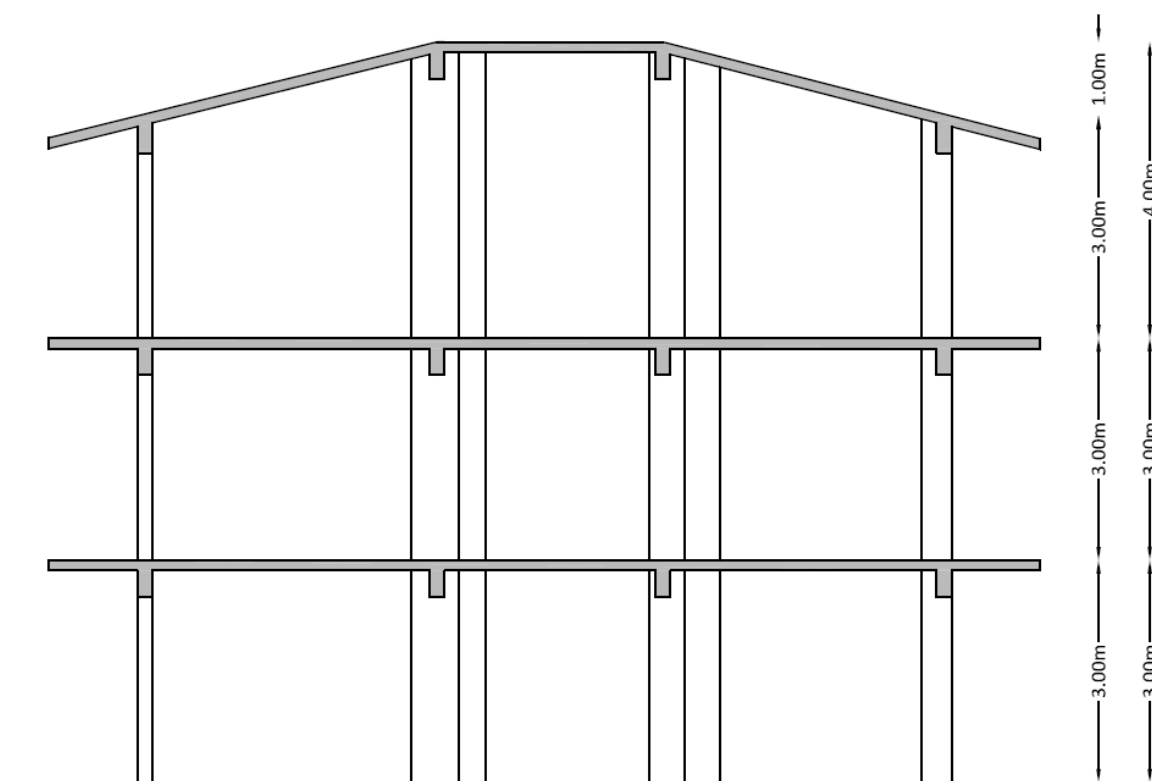


Vista in pianta del 1° e del 2° piano dell'edificio

NOTA: Sul canale YouTube di Seismosoft è possibile trovare un filmato che descrive il Tutorial N.2.



Vista in pianta del 3° piano dell'edificio



Sezione dell'edificio

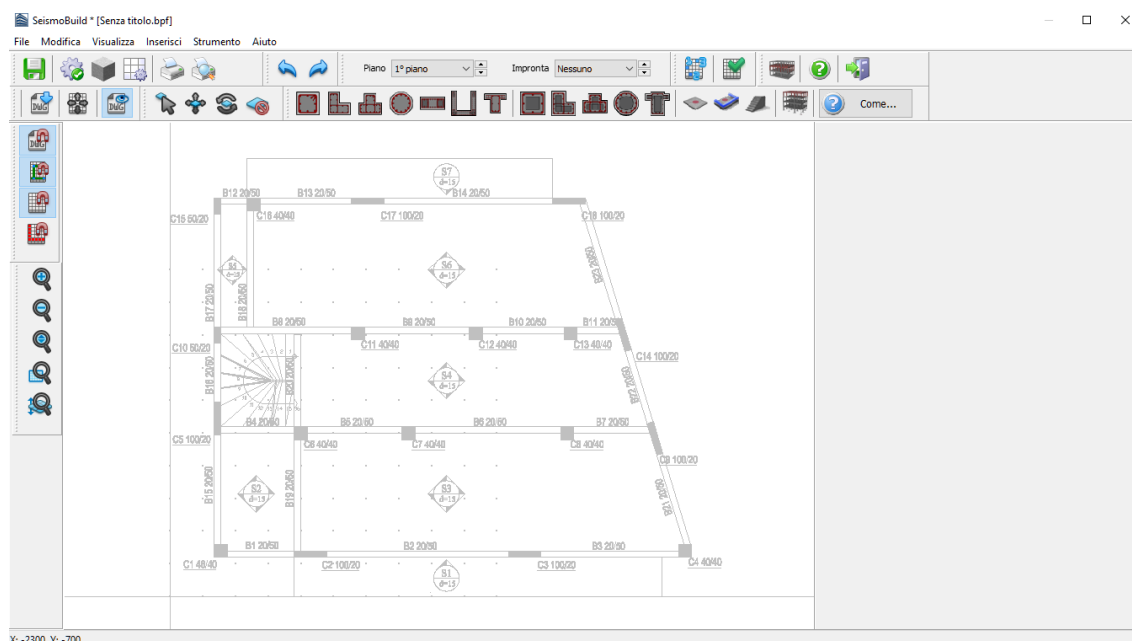
### Come iniziare: un nuovo progetto

La procedura di inserimento degli elementi strutturali è lo stessa del Tutorial N. 1, pertanto nel presente tutorial verranno descritti solamente i passi relativi all'inserimento delle scale e dei solai inclinati.

Per questo tutorial sono state scelte le seguenti impostazioni:

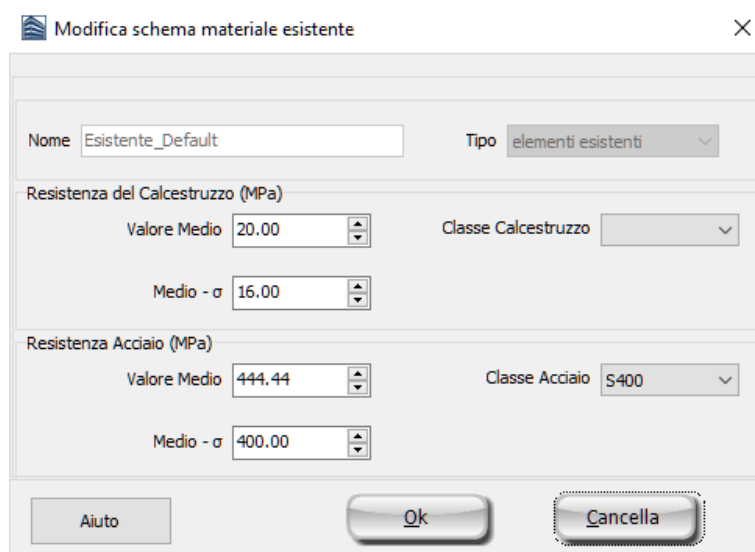
- Eurocodice 8, Parte 3
- Unità di Misura del Sistema Internazionale (SI)
- Dimensioni Europee per la tipologia di armatura
- 3 piani
- Altezze di piano: 3m
- Non accettare travi con luce libera inferiore a: 0.1m
- Includi larghezze effettive delle travi

Per facilitare la definizione della geometria degli elementi viene importato un disegno CAD come sfondo.



### Modellatore Edifici – inserimento di un disegno CAD

Nel modulo dei set di materiali sono determinati i valori delle resistenze del calcestruzzo e dell'acciaio che caratterizzano gli elementi. In questo caso viene selezionato il materiale *Default\_Esistente*, modificato assegnando la classe C16/20 al calcestruzzo e S400 all'acciaio.



### Modellatore Edifici – Finestra per la modifica di uno schema di materiale esistente

Premendo il pulsante Proprietà Avanzate dell'Elemento gli utenti possono definire le impostazioni per l'elemento strutturale in accordo con la normativa selezionata. Le proprietà selezionate per gli elementi inseriti sono mostrate nella seguente figura:



Proprietà Avanzate degli Elementi

**Classificazione**

☒ Primario  
☐ Secondario

☐ Senza adeguati dettagli di tipo antisismico

**Sovrapposizione Barre Longitudinali**

Acciaio lavorato a freddo ☐ Barre longitudinali lisce continue ☐

**Sovrapposizione Barre Longitudinali**

Tipo di sovrapposizione

☐ Elementi con barre longitudinali deformate senza sovrapposizione in corrispondenza della regione plastica

☒ Elementi con barre longitudinali deformate con estremità dritte sovrapposte a partire dalla sezione di estremità

**Lunghezza di sovrapposizione**

☒ lunghezza di sovrapposizione relativa adeguata,  $l_o/l_{ou,min} > 1$ ,

☐ lunghezza di sovrapposizione relativa inadeguata,  $0 < l_o/l_{ou,min} < 1$ ,

☐ lunghezza di sovrapposizione assoluta,  $l_o$  (mm)

**Accessibilità dell'area di intervento (solo per gli elementi nuovi o rinforzati)**

☒ Normale (facile) ☐ Ridotta (difficile)

**Copriferro**

Spessore (mm)

**Riferimenti Normativi**

**EC8**  
Sezioni A3.2.2(3)(5)(7)-(9)

**NTC-2008**  
Sezione C8A.6.1

Ok


Cancel

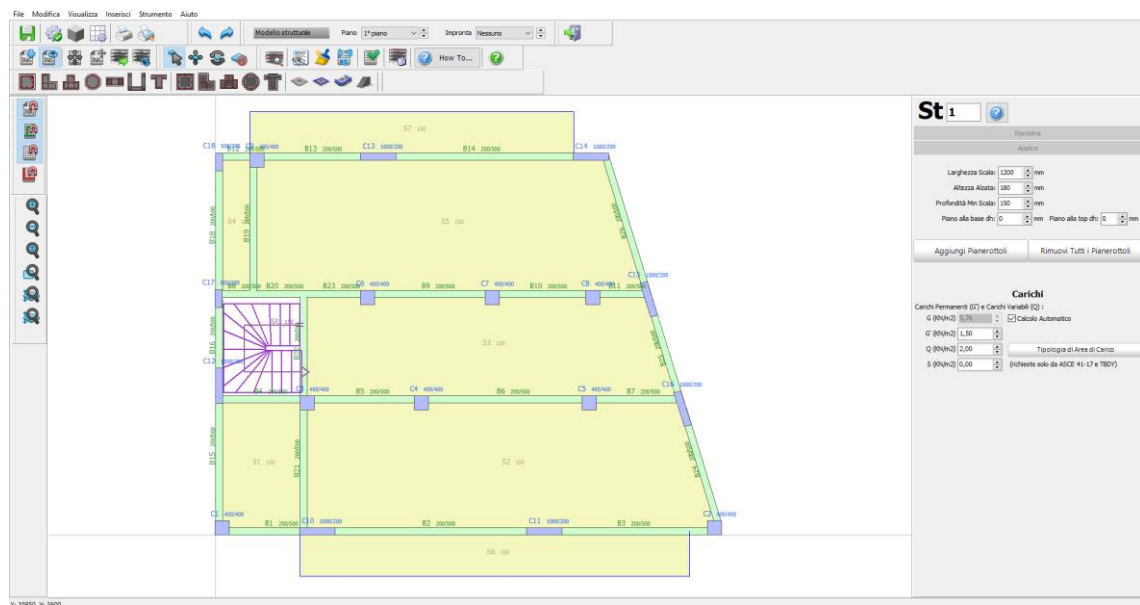
### Modellatore Edifici – Proprietà Avanzate Elemento

Le dimensioni e l'armatura degli elementi (pilastri e travi) del piano tipo sono mostrate nelle tabelle seguenti:

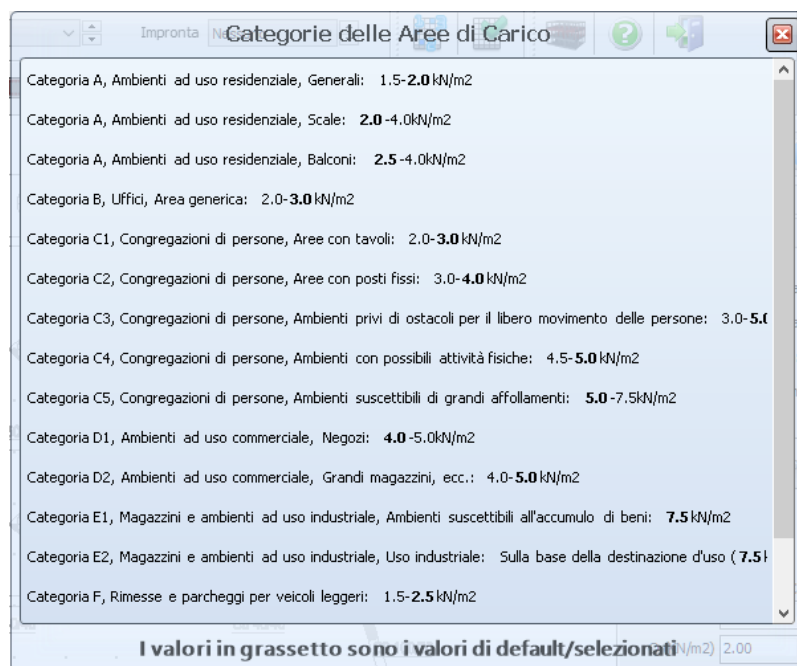
Pilastri	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura longitudinale	Armatura trasversale
C1	400	400	4Ø16	Ø6/25
C2	1000	200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C3	1000	200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C4	400	400	4Ø16	Ø6/25
C5	200	1000	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C6	400	400	4Ø18	Ø6/25
C7	400	400	4Ø18	Ø6/25
C8	400	400	4Ø18	Ø6/25
C9	200	1000	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C10	200	500	6Ø16	Ø6/25
C11	400	400	4Ø18	Ø6/25
C12	400	400	4Ø18	Ø6/25
C13	400	400	4Ø18	Ø6/25
C14	200	1000	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C15	200	500	6Ø16	Ø6/25
C16	400	400	4Ø16	Ø6/25
C17	1000	200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25
C18	1000	200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25

Travi	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura all'inizio della trave	Armatura in mezzzeria della trave	Armatura alla fine della trave	Armatura trasversale
B1	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B2	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B3	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B4	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B5	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B6	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B7	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B8	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B9	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B10	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B11	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B12	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B13	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B14	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B15	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B16	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B17	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B18	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B19	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B20	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B21	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B22	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25
B23	500	200	o3Ø16 u2Ø14	o2Ø12 u4Ø14	o3Ø16 u2Ø14	Ø8/25

Una volta inseriti tutti i pilastri e le travi siete in grado di introdurre l'elemento scala dal menu principale (*Inserisci > Inserisci Scale*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . L'inserimento può essere fatto facilmente specificando la mezzzeria e alcuni parametri geometrici di base, come la larghezza della scala, l'altezza dello scalino (alzata), la profondità minima della scala, e le differenze di quota tra il piano alla base e il piano in sommità, nonché i carichi permanenti e variabili aggiuntivi.

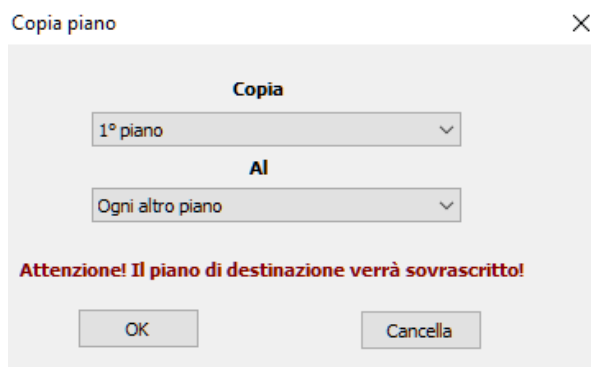


### Modellatore Edifici – Proprietà delle Scale



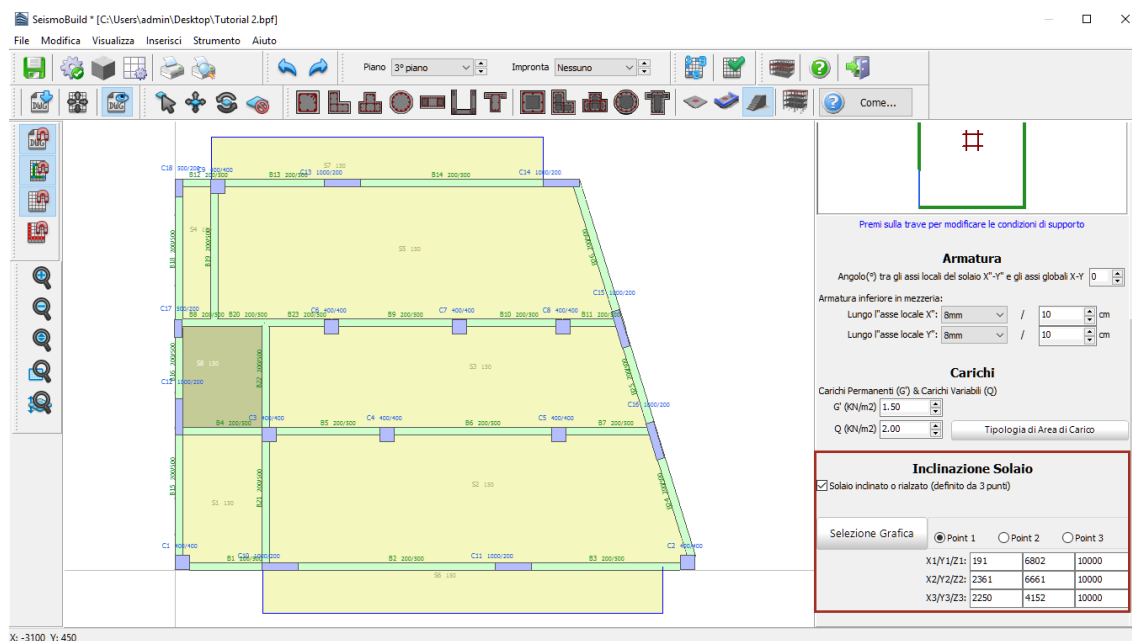
### Tipologie di Area Caricata

Dopo aver inserito tutti gli elementi del 1° piano, potete creare in maniera del tutto automatica il 2° e il 3° piano sulla base del primo piano già creato. Ciò è possibile utilizzando il comando Copia Piano.




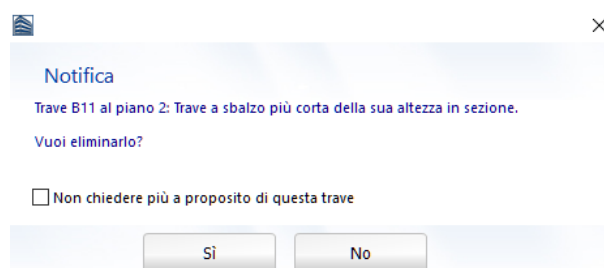
Modellatore Edificio – Finestra di dialogo Copia Piano

Eliminate gli elementi che non sono presenti al 3° piano (come la scala) e definite i solai inclinati. Selezionate il solaio che verrà modificato, barrate la casella *Solaio inclinato o rialzato* (definito da 3 punti) nella finestra delle proprietà del solaio, definite graficamente le coordinate dei 3 punti del solaio ed infine assegnate la loro quota.





Modellatore Edifici – Proprietà Elemento Solaio

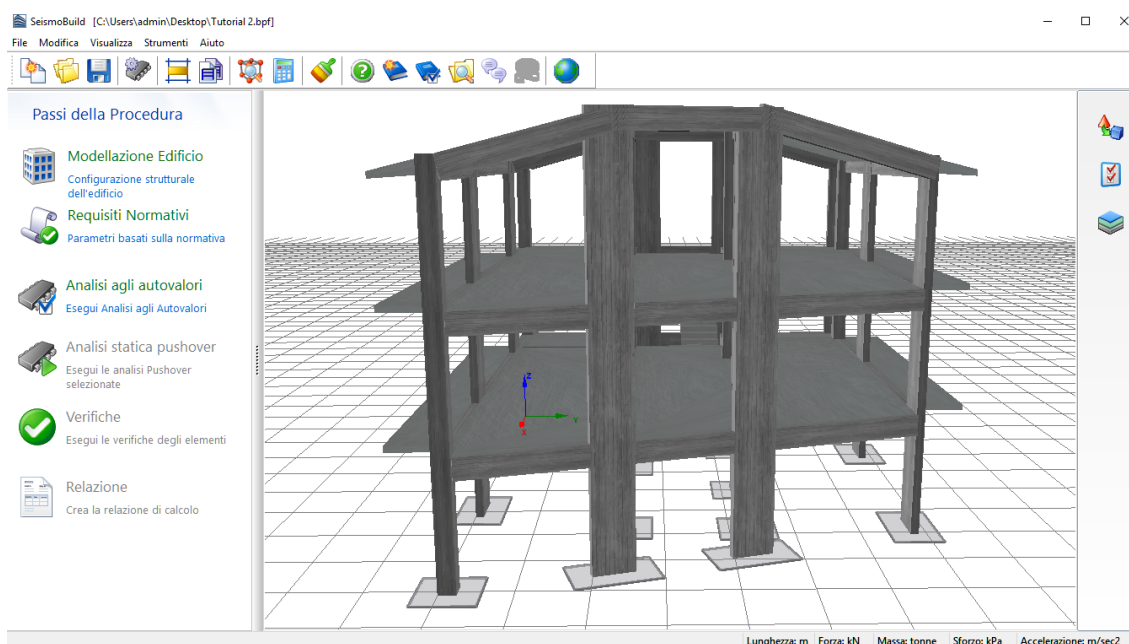
Quando si crea il modello di un edificio, è piuttosto comune che, per motivi grafici (ad esempio estendendo leggermente l'estremità di una trave oltre il filo di un pilastro), vengano create involontariamente una o più travi molto corte. Per questo motivo è bene eseguire un controllo dei collegamenti tra gli elementi, dal menu principale (*Strumenti > Verifica connettività...*) o tramite il pulsante della barra degli strumenti , per verificare l'esistenza di eventuali travi con luce libera inferiore all'altezza della sua sezione. Se il programma rileva tali elementi, appare il messaggio mostrato nella figura seguente per l'utente..



### Modellatore Edifici – Verifica Connettività

Una volta terminata la costruzione del modello strutturale, salvate il progetto come un file di SeismoBuild (con l'estensione \*.bpf, ad esempio Tutorial\_2.bpf) accedendo dal menu principale (*File > Salva con nome...*)/(*File > Salva*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti .

Adesso siete pronti per passare nella finestra principale di SeismoBuild. Andate, quindi, nel menu principale e selezionate il comando *File > Esci & Crea Modello 3D* oppure premete sul pulsante  presente nella barra degli strumenti.

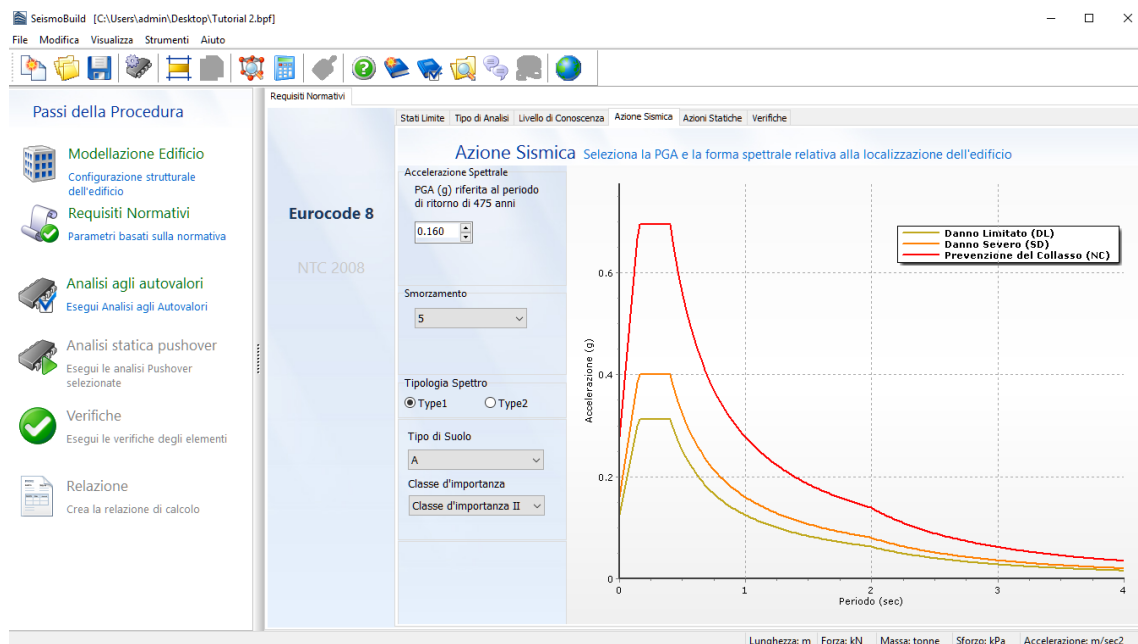


**Finestra principale di SeismoBuild**

### Requisiti Normativi

I parametri e le opzioni da normativa vengono definiti allo stesso modo del Tutorial N.1; l'unica differenza è la caratterizzazione dell'azione sismica:

- In questo tutorial, infatti, viene specificata una PGA pari a 0.16g; questa accelerazione è riferita ad un periodo di ritorno di 475 anni, uno smorzamento del 5%, uno spettro di risposta di Tipo 1, un suolo di tipo A e una classe d'importanza II;

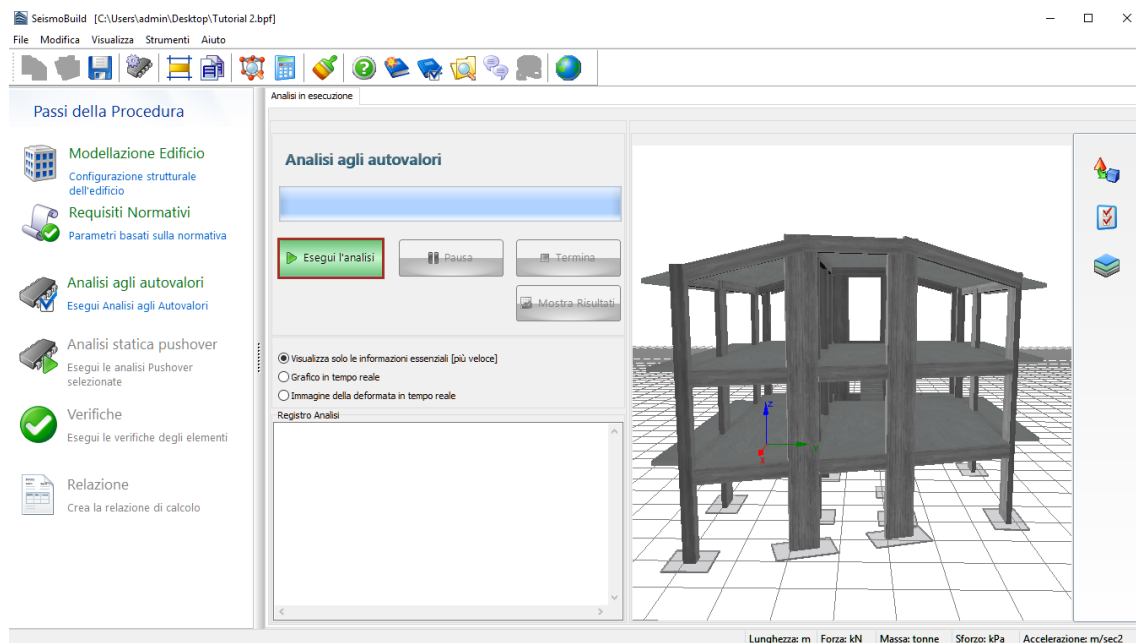


## Parametri di Analisi e Modellazione

Nell'ambito di questo tutorial viene impiegato lo schema delle impostazioni predefinite di default.

## Analisi agli Autovalori

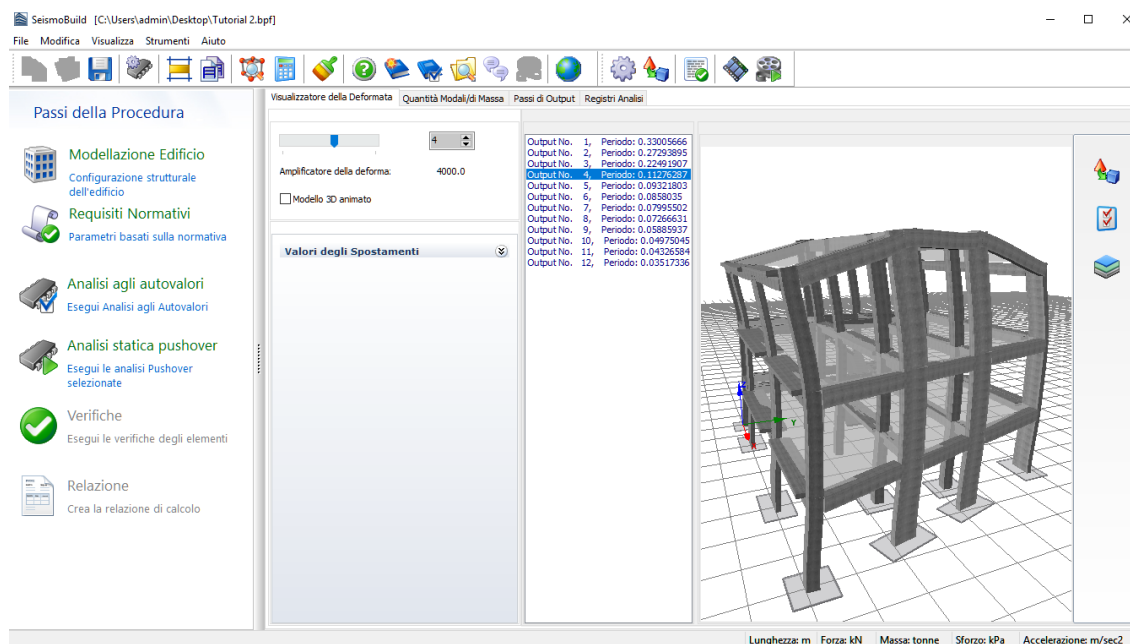
In questo modulo eseguite l'analisi agli autovalori.



## Analisi agli Autovalori

Una volta terminata l'analisi potete visualizzare i risultati premendo sul pulsante *Mostra Risultati*

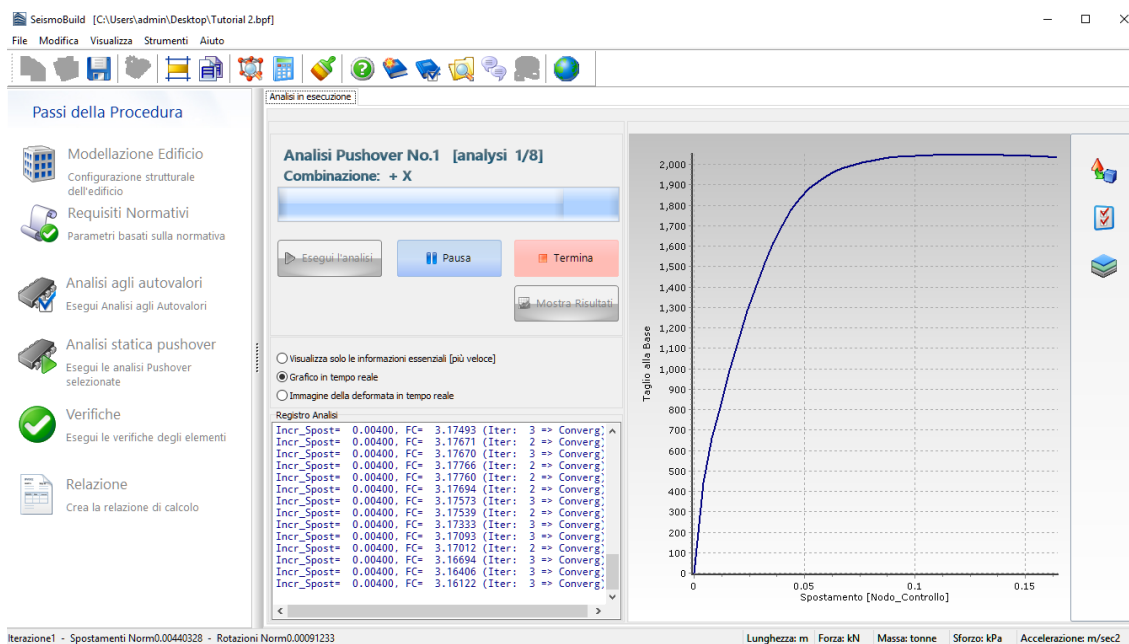




### Risultati Analisi agli Autovalori

### Analisi Pushover

Premete sul pulsante *Esegui* per svolgere tutte le analisi pushover selezionate.



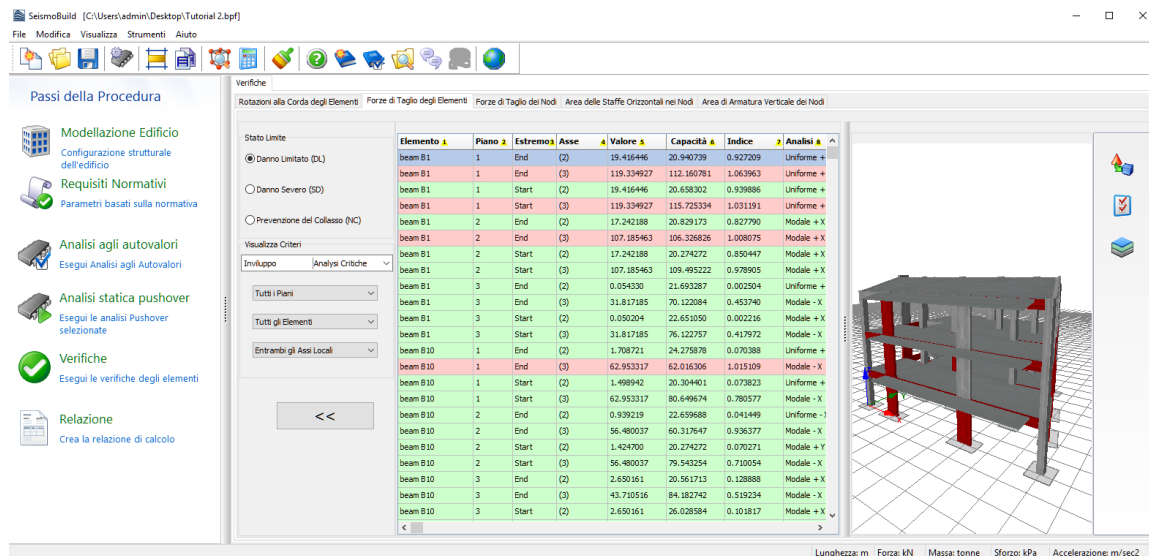
### Esecuzione dell'analisi

Una volta terminata l'analisi, potete visualizzare i risultati premendo sul pulsante *Mostra Risultati*. Le schede disponibili in questo modulo sono già state discusse nel Tutorial N.1.

### Verifiche

I risultati delle verifiche degli elementi strutturali possono essere visualizzati, sia in formato tabellare che grafico, nel modulo **Verifiche**, e possono essere successivamente copiati in una qualsiasi

applicazione di Windows. Gli utenti possono selezionare lo stato limite, così come l'analisi, il piano, la tipologia di elementi e l'asse locale per i quali si intende visualizzare i risultati. Gli elementi per i quali la domanda ha superato la capacità sono evidenziati in rosso, sia nella tabella che nell'immagine 3D, come viene mostrato nella seguente figura:



**Modulo Verifiche (Forze di Taglio degli Elementi)**

## Relazione

Una volta eseguite le analisi e terminato il processo di verifica, siete in grado di creare la relazione tecnica relativa alla valutazione strutturale. Premendo sul pulsante *Relazione* apparirà una finestra per definire le opzioni di stampa. Premete sul pulsante *OK* e la relazione verrà creata automaticamente e mostrata sullo schermo. Il file può essere esportato nei seguenti formati: PDF, RTF oppure HTML (solamente gli ultimi due sono editabili).

**NOTA: La creazione della relazione per un edificio di 4-5 piani viene completata in meno di 5 minuti.**



Opzioni di Stampa

Informazioni Generali | Elementi | Nodi Trave-Pilastro | Calcoli Dettagliati (Appendice)

☒ Esporta Informazioni Generali

Informazioni Preliminari

☒ Descrizione Tecnica dell'Edificio  ☒ Modello strutturale

☒ Informazioni sul software agli Elem ☒ Modello Numerico

☒ Obiettivi della Riabilitazione ☒ Tipologie di Analisi

☒ Informazioni sulla Valutazione Strutturale e Fattore di Conoscenza ☒ Descrizione dei Modelli di Capacità per la Valutazione e Verifiche

☒ Ipotesi di Base

Informazioni sugli autovalori

☒ Analisi agli autovalori

Informazioni sullo Spostamento Target...

☒ Calcoli dello Spostamento Target

...per le Analisi Pushover

...e Stati Limite

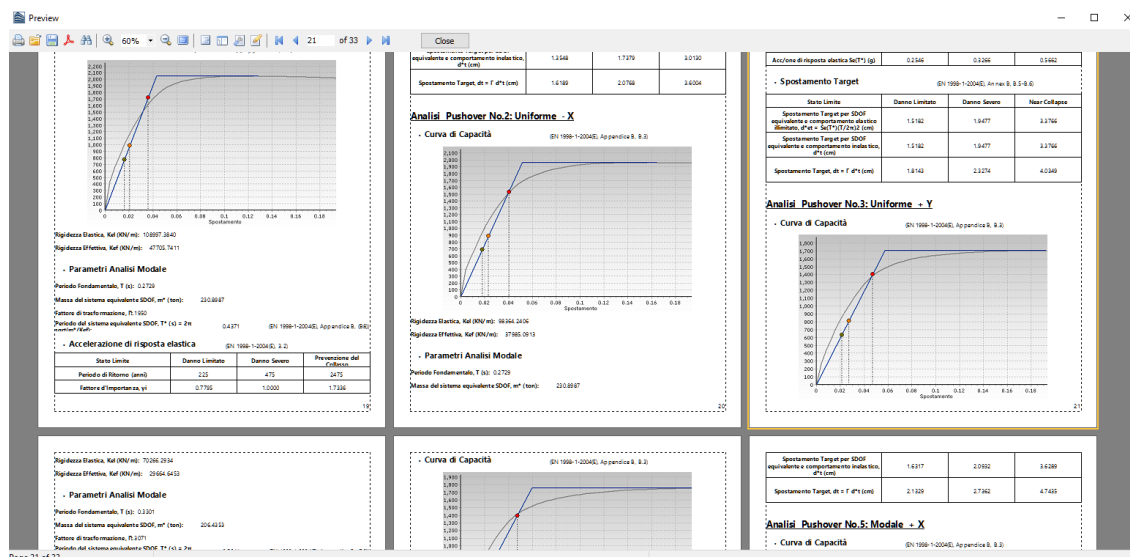
☒ Danno Limitato

☒ Danno Severo

☒ Prevenzione del Collasso

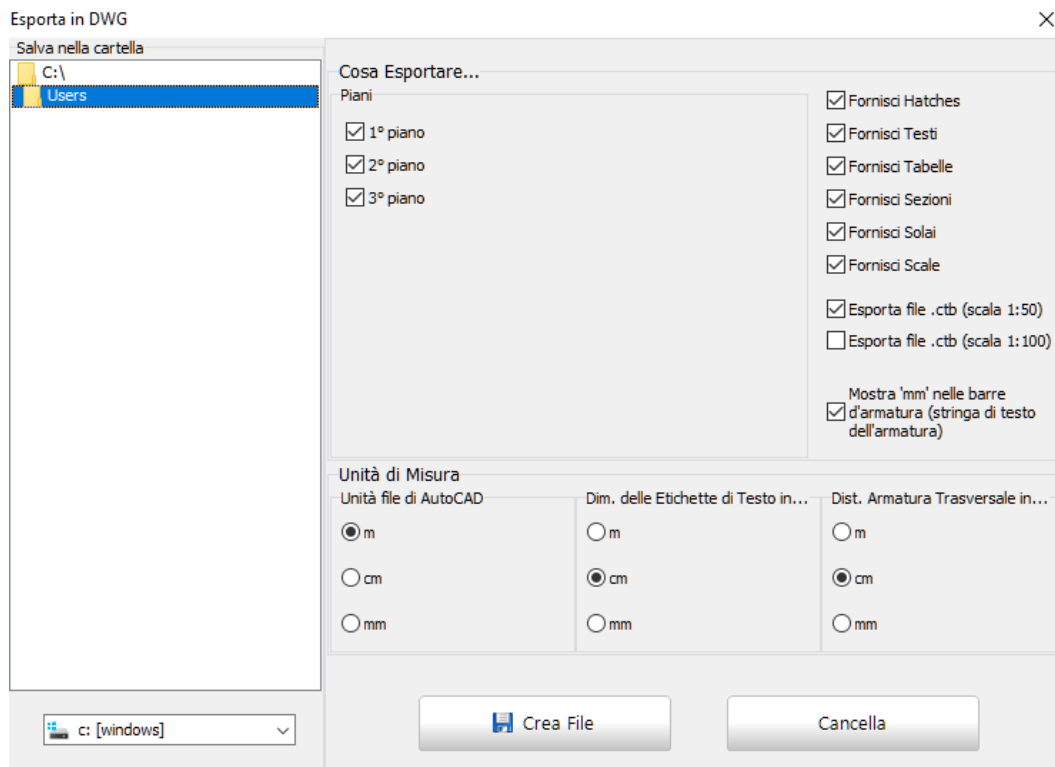
Numero stimato di pagine: 516

### Opzioni di stampa (Informazioni Generali)

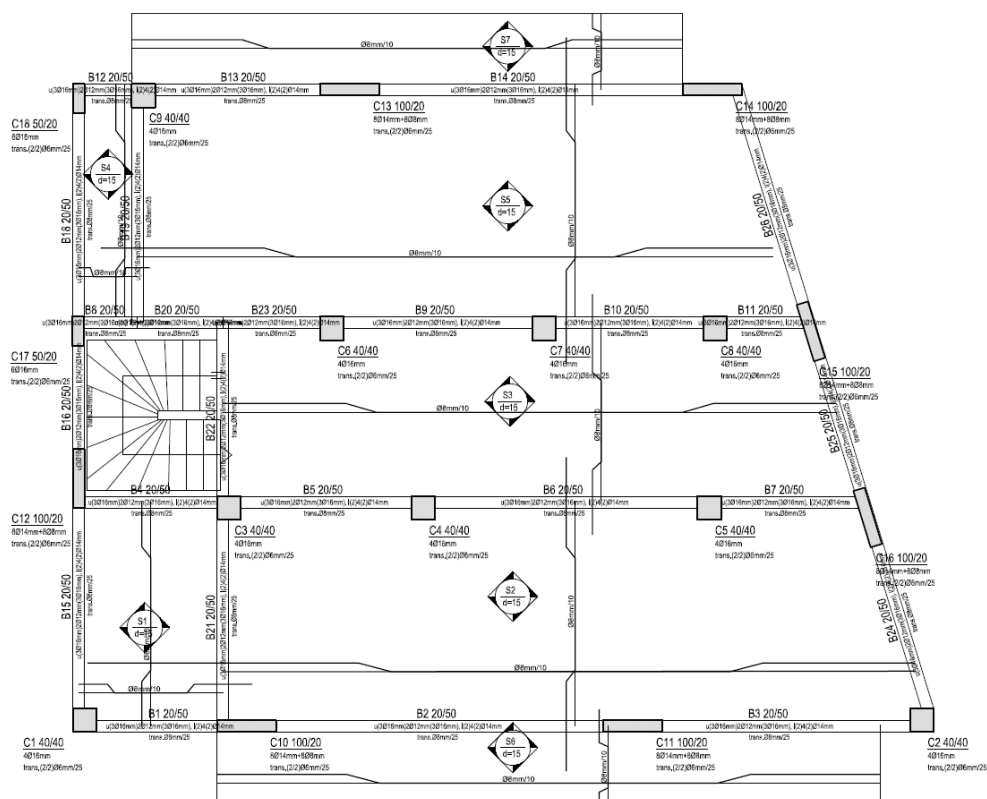


### Disegni CAD

Infine, avete la possibilità di esportare una varietà di file di disegni CAD del modello strutturale (viste in pianta, sezioni degli elementi e tabelle delle armature), insieme a file \*.ctb creati appositamente e necessari per la stampa. Si prega di notare che l'esecuzione delle analisi non è un pre-requisito per l'esportazione dei file dei disegni CAD, infatti viene richiesta solamente l'introduzione della configurazione strutturale nel Modellatore Edifici.



Esporta in DWG



Disegno CAD

## TUTORIAL N.3 – RIABILITAZIONE DI UN EDIFICIO DI TRE PIANI

### Descrizione del Problema

In questo terzo tutorial il modello/edificio che è stato creato durante il Tutorial N.2 verrà rinforzato con camicie in cemento armato. In particolare, verranno rinforzati tutti i pilastri e tutte le travi di ogni piano.

### Come iniziare: apertura di un progetto esistente

Aprire nuovamente la finestra iniziale del programma e, una volta premuto sull'icona 📁 della barra degli strumenti, selezionate il progetto di SeismoBuild (Tutorial\_2.bpf) creato in precedenza. Una volta aperto, selezionando il comando *File > Salva con nome...* salvate il progetto con un nome differente.

Nel modulo dei set di materiali sono determinati i valori delle resistenze dei materiali (calcestruzzo e acciaio). In questo tutorial si richiede di selezionare il materiale *Default\_Nuovo*, e di modificarlo assegnando la classe C20/25 al calcestruzzo e S500 all'acciaio.

Modellatore Edifici – Finestra di modifica di un nuovo materiale

Le dimensioni e l'armatura dei pilastri incamiciati del primo piano sono indicate nella seguente tabella:

Pilastri	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura longitudinale interna	Armatura trasversale interna	Armatura longitudinale esterna	Armatura trasversale esterna
C1	600	600	4Ø16	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C2	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10
C3	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10
C4	600	600	4Ø16	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C5	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	26Ø20	Ø12/10
C6	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C7	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C8	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C9	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10
C10	400	700	6Ø16	Ø6/25	10Ø20	Ø10/10
C11	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10

Pilastri	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura longitudinale interna	Armatura trasversale interna	Armatura longitudinale esterna	Armatura trasversale esterna
C12	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C13	600	600	4Ø18	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C14	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10
C15	400	700	6Ø16	Ø6/25	Ø22+8Ø20	Ø10/10
C16	600	600	4Ø16	Ø6/25	12Ø20	Ø10/10
C17	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10
C18	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø16	Ø10/10

Le dimensioni e l'armatura della sezione nuova/esterna delle travi incamiciate del primo piano sono indicate nella seguente tabella. Si precisa che l'armatura della sezione vecchia/interna è la stessa del Tutorial N.2.


Travi	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura esterna all'inizio della trave	Armatura esterna in mezzeria della trave	Armatura esterna alla fine della trave	Armatura trasversale esterna
B1	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B2	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B3	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B4	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B5	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B6	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B7	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B8	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B9	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B10	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B11	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B12	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B13	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B14	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B15	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B16	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10


Travi	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura esterna all'inizio della trave	Armatura esterna in mezzeria della trave	Armatura esterna alla fine della trave	Armatura trasversale esterna
B17	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B18	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B19	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B20	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B21	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B22	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10
B23	650	350	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	o2Ø14 u5Ø14 s4Ø12	o5Ø18 u3Ø14 s4Ø12	Ø10/10

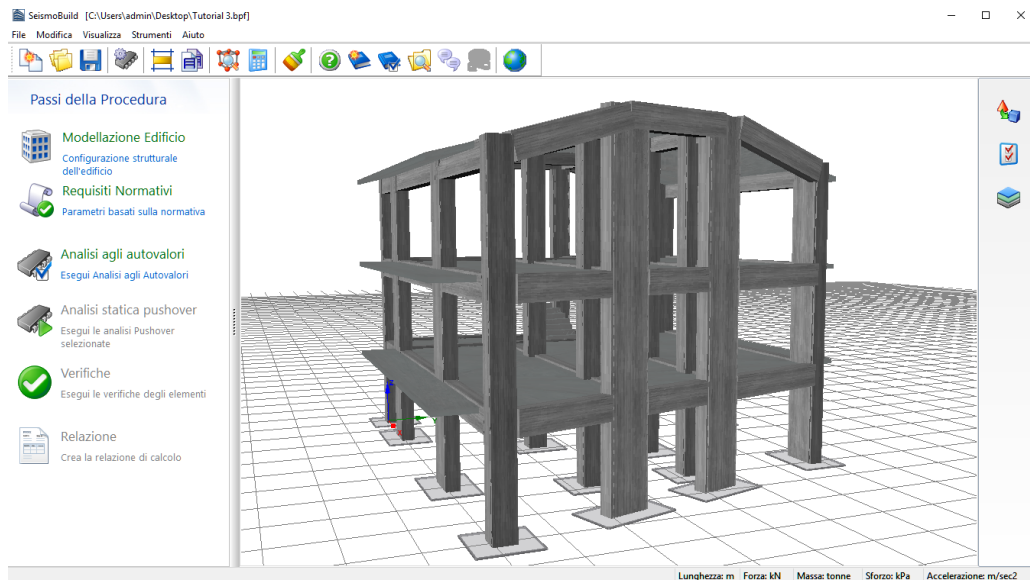
Le dimensioni e l'armatura dei pilastri incamiciati del secondo e del terzo piano sono indicate nella seguente tabella:

Pilastri	Altezza (mm)	Larghezza (mm)	Armatura longitudinale interna	Armatura trasversale interna	Armatura longitudinale esterna	Armatura trasversale esterna
C1	600	600	4Ø16	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C2	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C3	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C4	600	600	4Ø16	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C5	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C6	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C7	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C8	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C9	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C10	400	700	6Ø16	Ø6/25	4Ø20+6Ø18	Ø10/10
C11	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C12	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C13	600	600	4Ø18	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C14	400	1200	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C15	400	700	6Ø16	Ø6/25	4Ø20+6Ø18	Ø10/10
C16	600	600	4Ø16	Ø6/25	4Ø20+8Ø18	Ø10/10
C17	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10
C18	1200	400	8Ø14+8Ø8	Ø6/25	8Ø20+12Ø14	Ø10/10

Le dimensioni e l'armatura delle camicie delle travi del secondo e del terzo piano sono le stesse di quelle del primo piano.

Dopo aver inserito tutto gli elementi, eseguite un controllo del modello dal menu principale (*Strumenti > Verifica connettività...*) o tramite il pulsante della barra degli strumenti , per verificare l'esistenza di eventuali travi con luce libera inferiore all'altezza della sua sezione.

Adesso siete pronti per passare nella finestra principale di SeismoBuild. Andate, quindi, nel menu principale e selezionate il comando *File > Esci & Crea Modello 3D* oppure premete sul pulsante  presente nella barra degli strumenti.



**Finestra principale di SeismoBuild**


## Requisiti Normativi

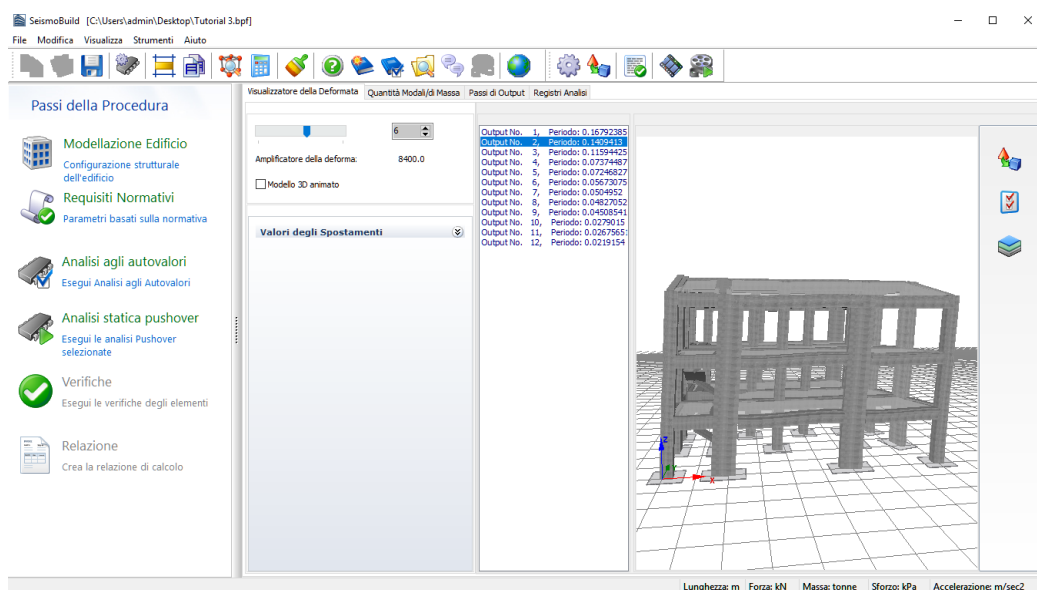
I parametri e le opzioni da normativa sono definiti allo stesso modo del Tutorial N.2.

## Parametri di Analisi e Modellazione

Nell'ambito di questo tutorial viene impiegato lo schema delle impostazioni predefinite di default.

## Analisi agli Autovalori

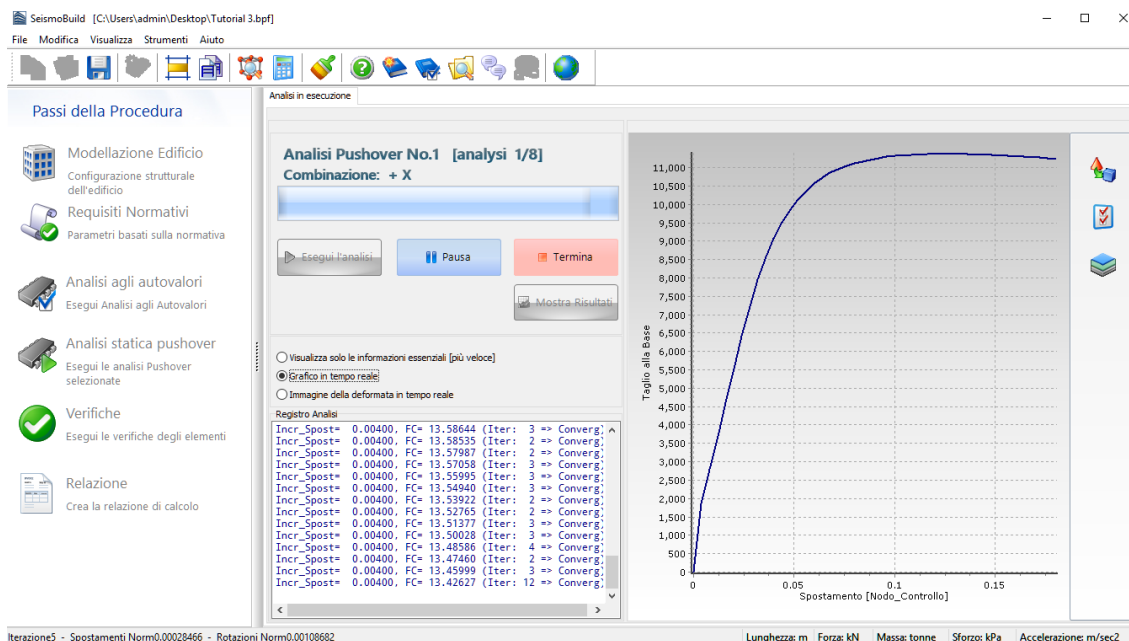
Attraverso questo modulo eseguite l'analisi agli autovalori. Una volta terminata l'analisi potete visualizzare i risultati premendo sul pulsante *Mostra Risultati* .



**Risultati Analisi agli Autovalori**

## Analisi Pushover

Per eseguire tutte le analisi selezionate, premete sul pulsante *Esegui*.

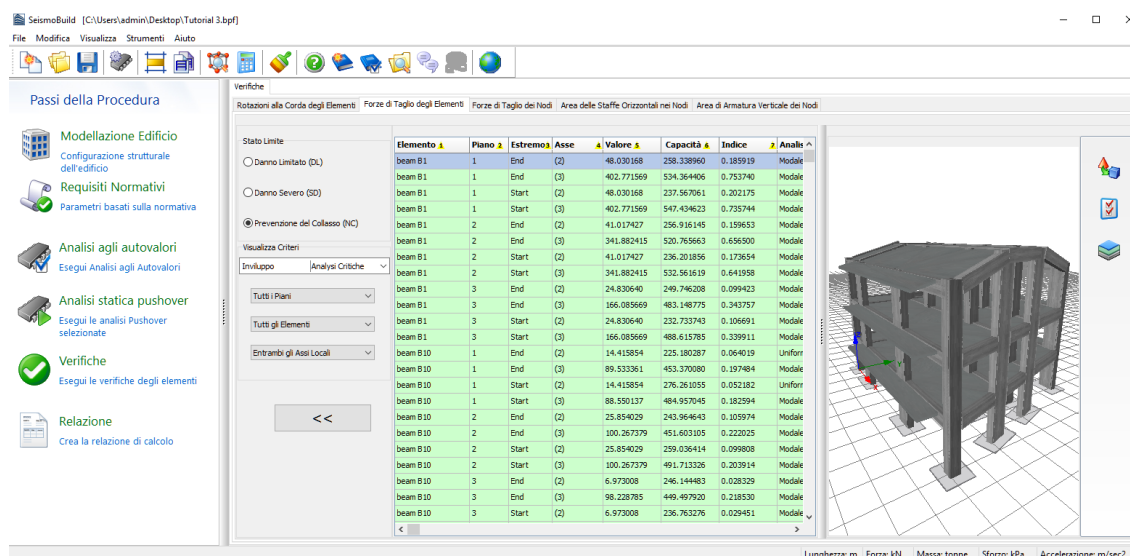


### Svolgimento dell'analisi

Una volta terminate le analisi potete visualizzare i risultati premendo sul pulsante *Mostra Risultati*. Le schede disponibili all'interno di questo modulo sono già state discusse nel Tutorial N.1.

## Verifiche

SeismoBuild offre l'opzione di effettuare in maniera del tutto automatica le verifiche di rotazione alla corda e di taglio degli elementi strutturali, così come le verifiche dei nodi trave-pilastro, in accordo con le espressioni definite nella Normativa, di seguito Eurocodice 2 ed Eurocodice 8, per gli stati limite presi in considerazione. I risultati delle verifiche possono essere visualizzati nel modulo *Verifiche* del programma, come già precedentemente descritto nei Tutorial 1 e 2.



### Modulo Verifiche (Forze di taglio degli elementi)

Come si può notare, la resistenza a taglio degli elementi incamiciati è sufficiente per sostenere i carichi applicati.

## Relazione

Una volta eseguite le analisi e terminato il processo di verifica, siete in grado di creare la relazione tecnica relativa alla valutazione strutturale. Premendo sul pulsante *Relazione* apparirà una finestra per definire le opzioni di stampa. Premete sul pulsante *OK* e la relazione verrà creata automaticamente e mostrata sullo schermo. Il file può essere esportato nei seguenti formati: PDF, RTF oppure HTML (solamente gli ultimi due sono editabili).

**NOTA: La creazione della relazione per un edificio di 4-5 piani viene completata in meno di 5 minuti.**

Opzioni di Stampa

Informazioni Generali | Elementi | Nodi Trave-Pilastro | Calcoli Dettagliati (Appendice)

Tipologie di Elementi

☒ Esporta Elementi Verticali ☒ Esporta Elementi Orizzontali

Proprietà degli Elementi

☒ Geometria della Sezione e Configurazione dell'Elemento

Risultati degli elementi

Tipologie di Risultati...

☒ Verifiche Rotazione alla Corda

☒ Verifiche Capacità a Taglio

☒ Calcolo della Capacità di Rotazione alla Corda

☒ Calcolo della Capacità a Taglio

☐ Diagrammi delle Forze Interne degli Elementi

☐ Usa linee sottili nelle tabelle  
(miglior visualizzazione quando esportato in rtf)

...per le Analisi Involuppo

☒ Analisi Pushover Critiche

Seleziona Analisi Pushover

...e Stati Limite

☒ Danno Limitato

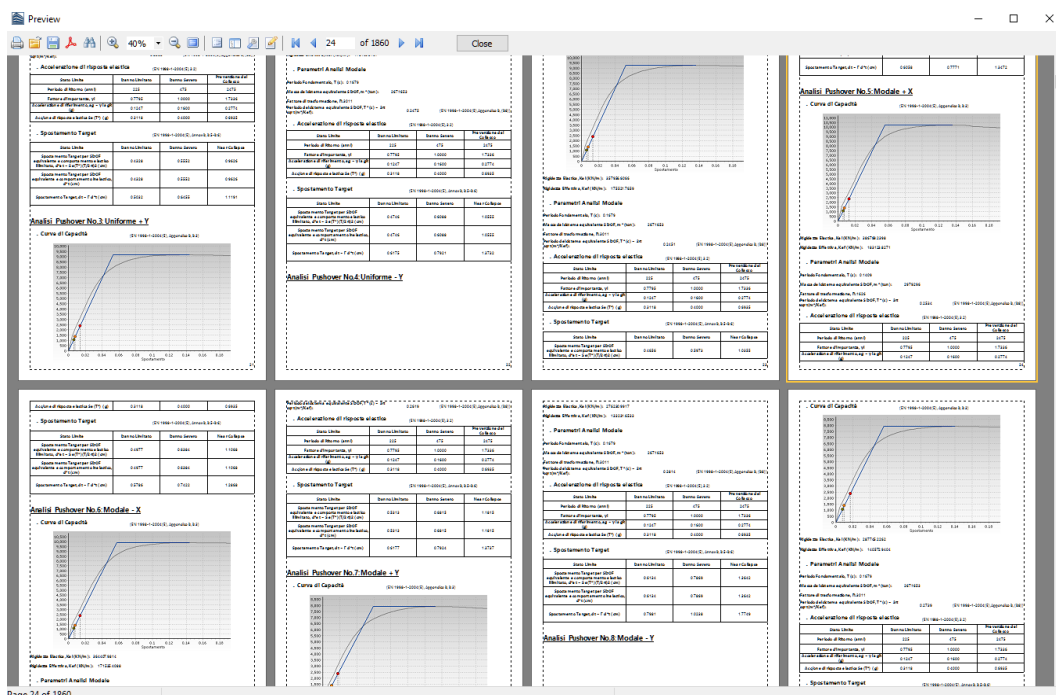
☒ Danno Severo

☒ Prevenzione del Collasso

Numero stimato di pagine: 2026

**Opzioni di stampa (Elementi)**





## Relazione tecnica


### Disegni CAD


Infine, avete la possibilità di esportare una varietà di file di disegni CAD del modello strutturale (viste in pianta, sezioni degli elementi e tabelle delle armature), insieme a file \*.ctb creati appositamente e necessari per la stampa. Si prega di notare che l'esecuzione delle analisi non è un pre-requisito per l'esportazione dei file dei disegni CAD.


**C16 60/60(40/40)**  
 NUOVO: 120x20mm  
 NUOVO: trasv. (2/2) Ø10mm/10  
 ESISTE: 4Ø16mm  
 ESISTE: trasv. (2/2) Ø6mm/25


**C17 120/40(100/20)**  
 NUOVO: 80x20mm+120x16mm  
 NUOVO: trasv. (2/2) Ø10mm/10  
 ESISTE: 8Ø14mm+8Ø8mm  
 ESISTE: trasv. (2/2) Ø6mm/25


**C18 120/40(100/20)**  
 NUOVO: 80x20mm+120x16mm  
 NUOVO: trasv. (2/2) Ø10mm/10  
 ESISTE: 8Ø14mm+8Ø8mm  
 ESISTE: trasv. (2/2) Ø6mm/25


**B1 35/65(20/50)**  
  
 Inizio  
 NUOVO: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

**B1 35/65(20/50)**  
  
 Mezzeria  
 NUOVO: u2Ø14mm, l5Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u2Ø12mm, l4Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

**B1 35/65(20/50)**  
  
 Fine  
 NUOVO: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

**B5 35/65(20/50)**  
  
 Inizio  
 NUOVO: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

**B5 35/65(20/50)**  
  
 Mezzeria  
 NUOVO: u2Ø14mm, l5Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u2Ø12mm, l4Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

**B5 35/65(20/50)**  
  
 Fine  
 NUOVO: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25


## Disegni CAD - Sezioni degli elementi incamiciati

## TUTORIAL N.4 – ANALISI DINAMICA NON-LINEARE DI UN EDIFICIO DI TRE PIANI

### Descrizione del Problema

In questo quarto tutorial il modello che è già stato creato nel Tutorial N.2 verrà analizzato effettuando un'Analisi Dinamica Non-Lineare.

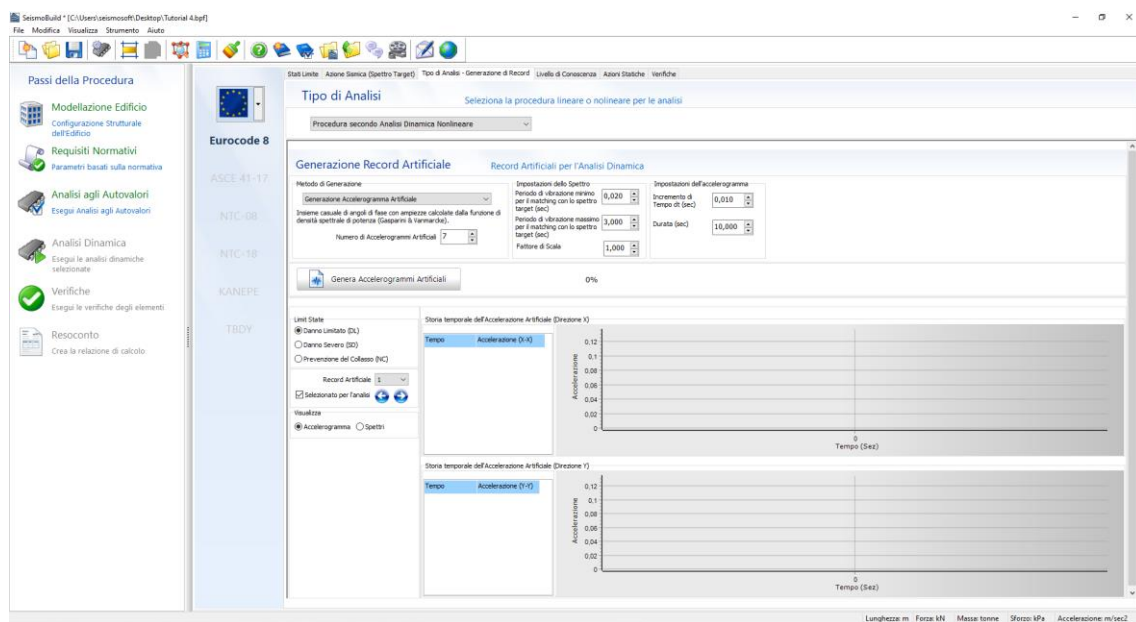
### Come iniziare: apertura di un progetto esistente

Aprire nuovamente la finestra iniziale del programma e, una volta premuto sull'icona  della barra degli strumenti, selezionate il progetto di SeismoBuild (Tutorial\_2.bpf) creato in precedenza. Una volta aperto, selezionando il comando *File > Salva con nome...* salvate il progetto con un nome differente.

### Requisiti Normativi

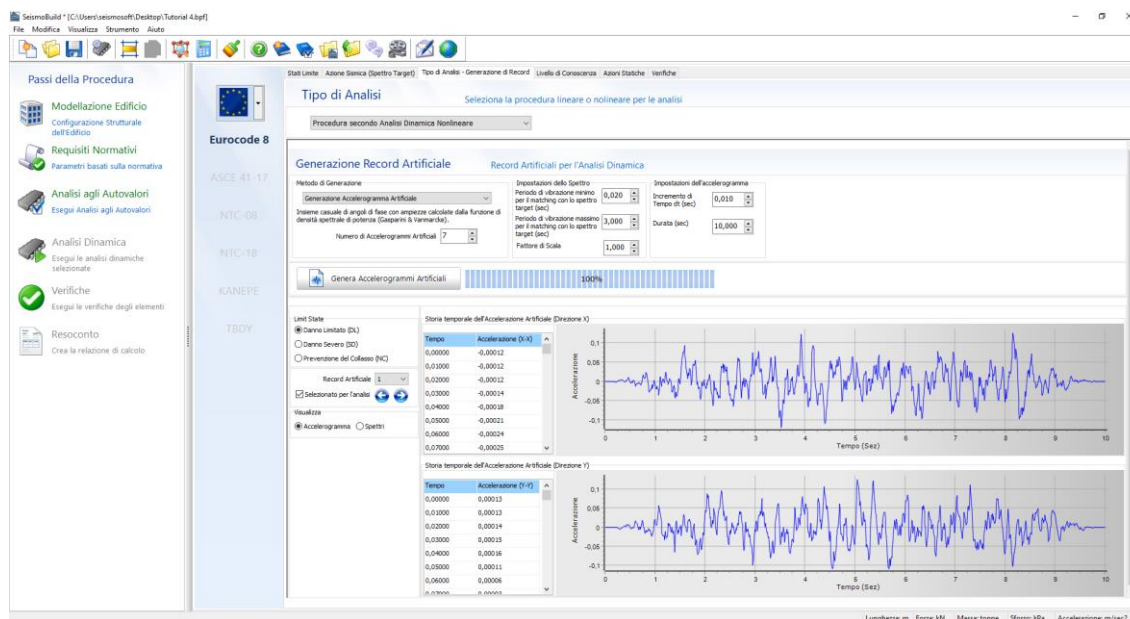
Attraverso il modulo *Requisiti del codice* è possibile definire il Tipo di analisi. Selezionatel'Analisi Dinamica Non-Lineare come tipo di analisi.

Per questo tutorial è stato selezionato il metodo di derivazione della generazione dell'accelerogramma artificiale per la generazione di sette accelerogrammi con le opzioni predefinite nelle impostazioni dello spettro e dell'accelerogramma.



**Tipo di analisi (generazione record): opzioni selezionate**

Fare clic sul pulsante *Genera accelerogrammi artificiali*.



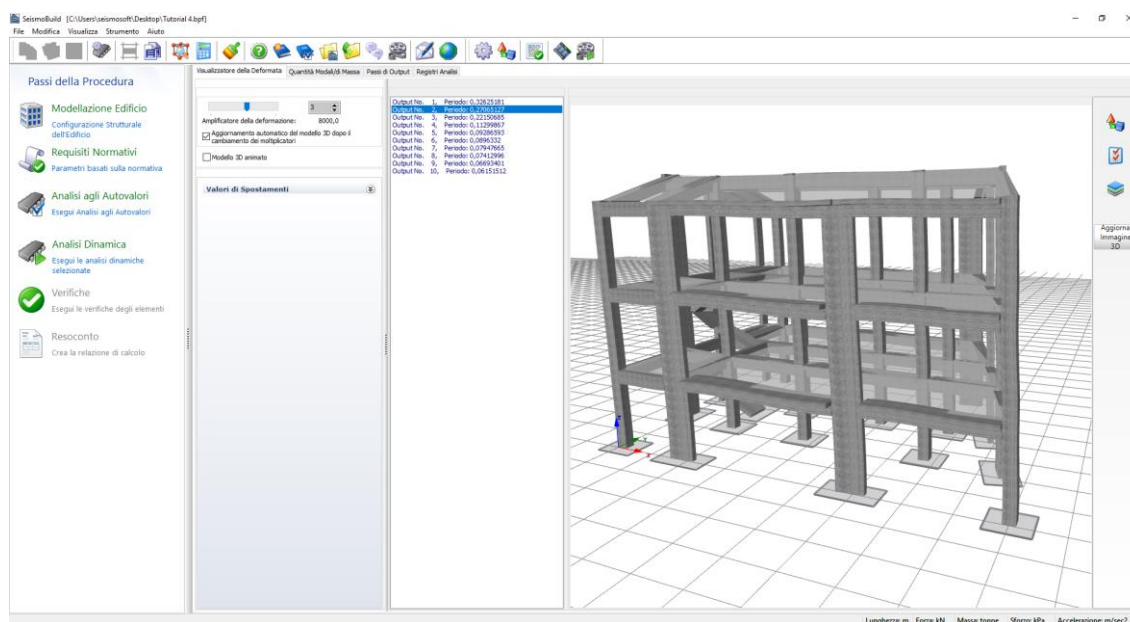
**Tipo di analisi (generazione record): record generati**

## Parametri di Analisi e Modellazione

Nell'ambito di questo tutorial vengono impiegate le impostazioni predefinite (di default).

## Analisi agli Autovalori

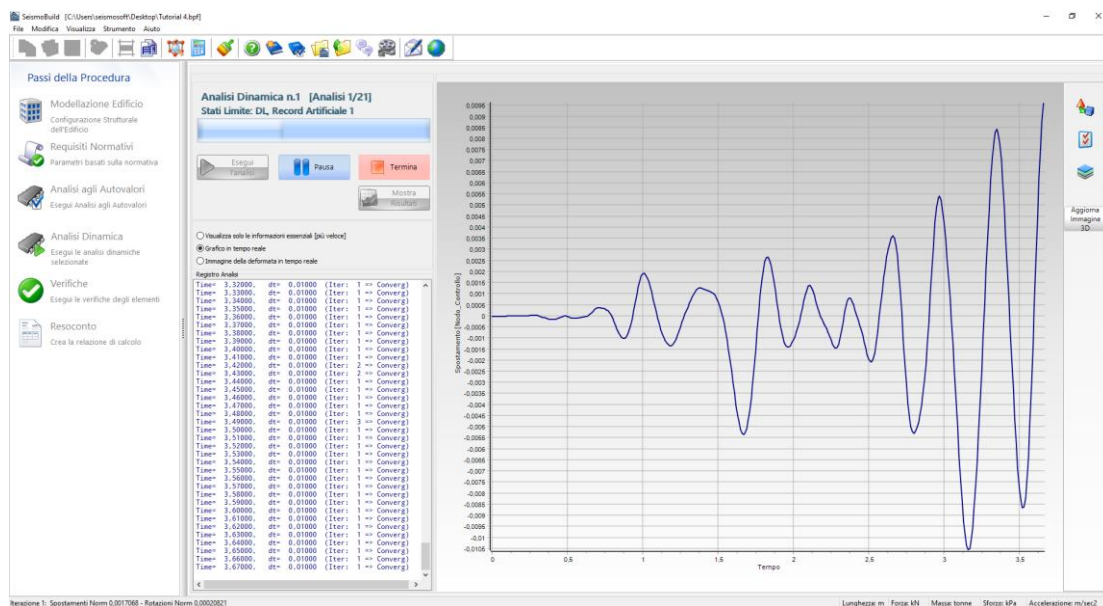
Attraverso questo modulo eseguite l'analisi agli autovalori. Una volta terminata l'analisi potete visualizzare i risultati premendo sul pulsante *Mostra Risultati*.



**Risultati Analisi agli Autovalori**

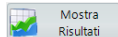
## Analisi Dinamica

Per eseguire contemporaneamente tutte le analisi dinamiche selezionate, premete sul pulsante *Esegui*.



## Analisi Dinamica

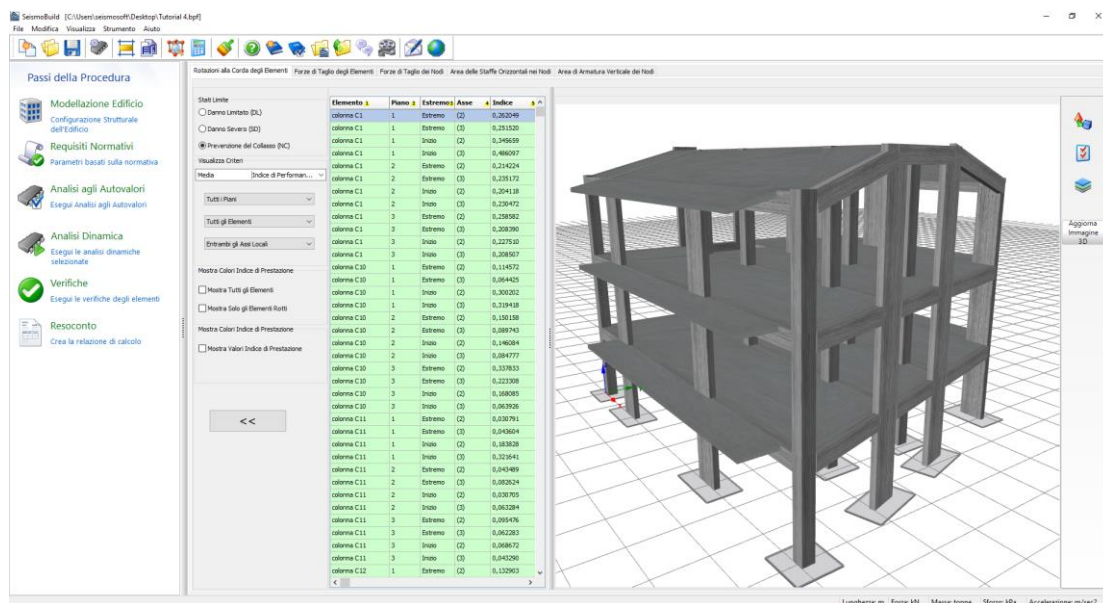
Una volta terminate le analisi, potete visualizzare i risultati premendo sul pulsante *Mostra Risultati*.



Le schede disponibili all'interno di questo modulo sono già state discusse nel Tutorial N.1.

## Verifiche

SeismoBuild offre l'opzione di effettuare in maniera del tutto automatica le verifiche di rotazione alla corda e di taglio degli elementi strutturali, così come le verifiche dei nodi trave-pilastro, in accordo con le espressioni definite nella Normativa, di seguito Eurocodice 2 ed Eurocodice 8, per gli stati limite presi in considerazione. I risultati delle verifiche possono essere visualizzati nel modulo *Verifiche* del programma, come già precedentemente descritto nei Tutorial 1 e 2.



## Modulo Verifiche (Forze di taglio degli elementi)

I risultati delle verifiche degli elementi strutturali possono essere visualizzati in formato tabellare o grafico e quindi copiati in qualsiasi altra applicazione Windows. Gli utenti possono selezionare lo stato limite, nonché l'analisi, il piano, gli elementi e l'asse locale, l'involuppo e l'indice di prestazione medio delle analisi per visualizzare i risultati. Gli elementi per i quali la domanda ha superato la capacità vengono visualizzati in rosso sia nella tabella che nel grafico 3D, come mostrato nella figura soprastante.

## Relazione

Una volta eseguite le analisi e terminato il processo di verifica, è possibile creare la relazione tecnica relativa alla valutazione strutturale. Premendo sul pulsante *Relazione* apparirà una finestra per definire le opzioni di stampa. Premete sul pulsante *OK* e la relazione verrà creata automaticamente e mostrata sullo schermo. Il file può essere esportato nei seguenti formati: PDF, RTF oppure HTML (solamente gli ultimi due sono editabili).

**NOTA: La creazione della relazione per un edificio di 4-5 piani viene completata in meno di 5 minuti.**

Opzioni di Stampa

Informazioni Generali | Elementi | Nodi Trave-Pilastro | Calcoli Dettagliati (Appendice)

Tipologie di Elementi

☒ Esporta Elementi Verticali ☒ Esporta Elementi Orizzontali

Proprietà degli Elementi

☒ Geometria della Sezione e Configurazione dell'Elemento

Risultati degli elementi

Tipologie di Risultati...

☒ Verifiche Rotazione alla Corda

☒ Verifiche Capacità a Taglio

☒ Calcolo della Capacità di Rotazione alla Corda

☒ Calcolo della Capacità a Taglio

☐ Diagrammi delle Forze Interne degli Elementi

☐ Usa linee sottili nelle tabelle  
(miglior visualizzazione quando esportato in rtf)

...per le Analisi

Involuppo

☒ Analisi Pushover Critiche

Seleziona Analisi Pushover

Tutte le Analisi Pushover

...e Stati Limite

☒ Danno Limitato

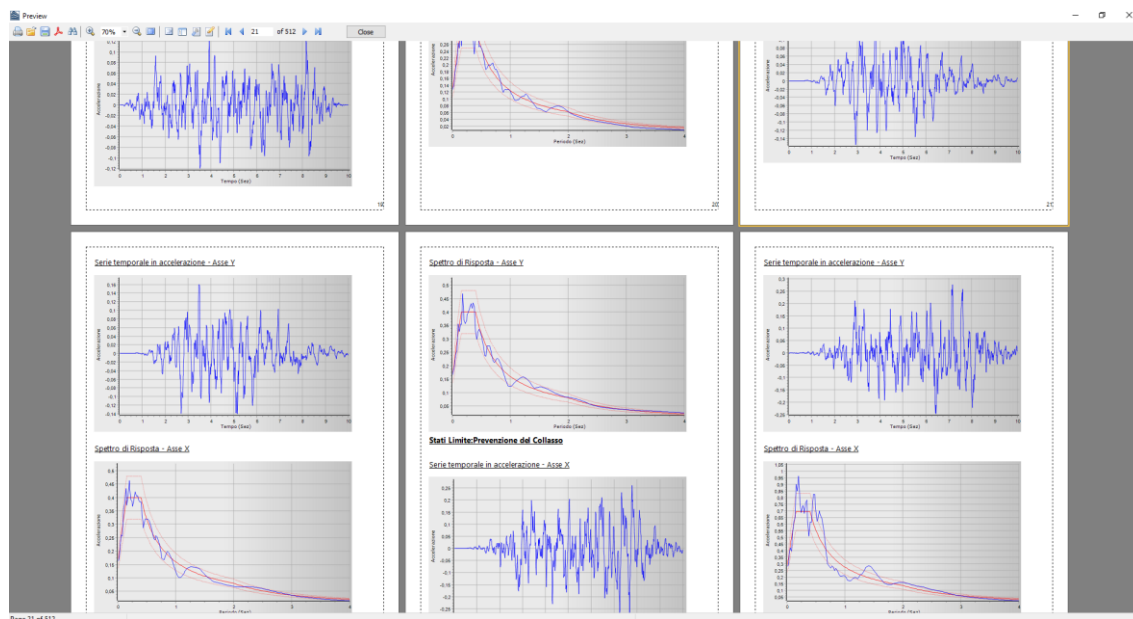
☒ Danno Severo

☒ Prevenzione del Collasso

Numero stimato di pagine: 2026

**Opzioni di stampa (Elementi)**





### Relazione tecnica

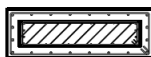
### Disegni CAD

Infine, è possibile esportare una varietà di file di disegni CAD del modello strutturale (viste in pianta, sezioni degli elementi e tabelle delle armature), insieme a file \*.ctb creati appositamente e necessari per la stampa. Si prega di notare che l'esecuzione delle analisi non è un pre-requisito per l'esportazione dei file dei disegni CAD.



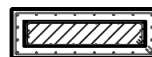
**C16 60/60(40/40)**

NUOVO: 12Ø20mm  
 NUOVO: trasv. (2/2) Ø10mm/10  
 ESISTE: 4Ø16mm  
 ESISTE: trasv. (2/2) Ø6mm/25



**C17 120/40(100/20)**

NUOVO: 8Ø20mm+12Ø16mm  
 NUOVO: trasv. (2/2) Ø10mm/10  
 ESISTE: 8Ø14mm+8Ø8mm  
 ESISTE: trasv. (2/2) Ø6mm/25



**C18 120/40(100/20)**

NUOVO: 8Ø20mm+12Ø16mm  
 NUOVO: trasv. (2/2) Ø10mm/10  
 ESISTE: 8Ø14mm+8Ø8mm  
 ESISTE: trasv. (2/2) Ø6mm/25

**B1 35/65(20/50)**



**Inizio**

NUOVO: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

**B1 35/65(20/50)**



**Mezzeria**

NUOVO: u2Ø14mm, l5Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u2Ø12mm, l4Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

**B1 35/65(20/50)**



**Fine**

NUOVO: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

**B5 35/65(20/50)**



**Inizio**

NUOVO: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

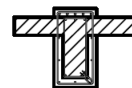
**B5 35/65(20/50)**



**Mezzeria**

NUOVO: u2Ø14mm, l5Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u2Ø12mm, l4Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

**B5 35/65(20/50)**



**Fine**

NUOVO: u5Ø18mm, l3Ø14mm, s4Ø12mm  
 NUOVO: trasv. Ø10mm/10  
 ESISTE: u3Ø16mm, l2Ø14mm, s0Ø12mm  
 ESISTE: trasv. Ø8mm/25

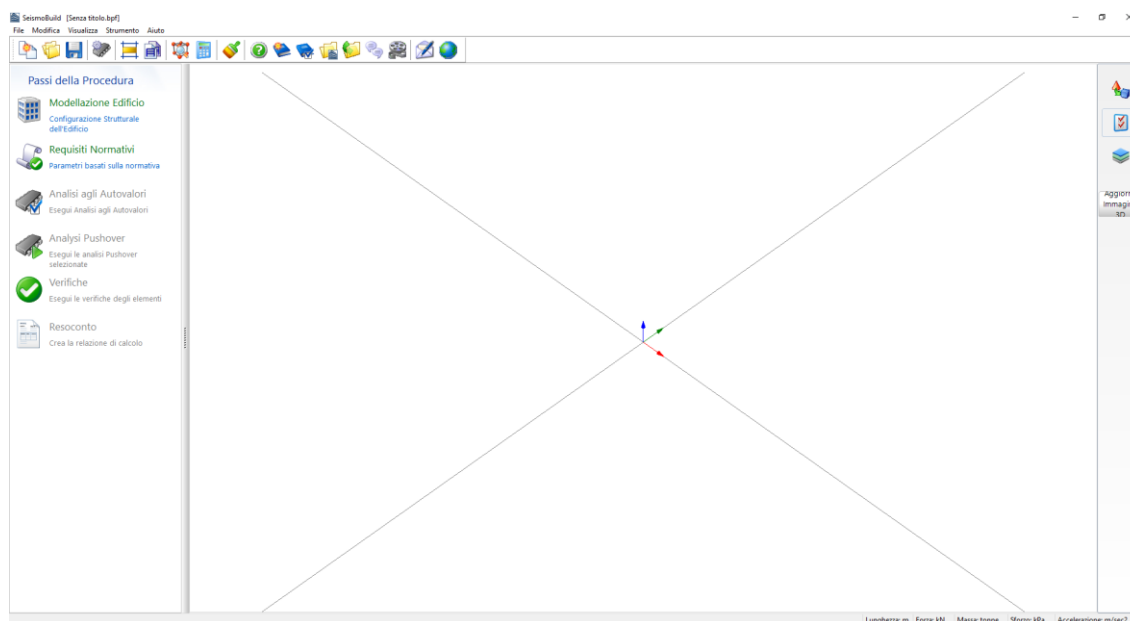
### Disegni CAD – Sezioni degli elementi incamiciati

# Menu Principale di SeismoBuild

## MENU PRINCIPALE E BARRA DEGLI STRUMENTI

SeismoBuild presenta un'interfaccia utente semplice e intuitiva. La **finestra principale** del programma è strutturata come segue:

- **Menu principale e Barra degli strumenti:** in cima alla finestra del programma;
- **Finestra del modello 3D:** sulla destra dello schermo;
- **Barra delle impostazioni per il modello 3D:** sulla destra della finestra del programma;
- **Elenco dei passi della procedura:** sulla sinistra della finestra del programma.



Finestra principale del programma

## Menu Principale

Il **menu principale** è il menu di comando del programma ed è costituito dai seguenti menu a discesa:

- File
- Modifica
- Visualizza
- Strumenti
- Aiuto









## Barra degli Strumenti

La **barra degli strumenti** fornisce un accesso veloce ai comandi più frequentemente utilizzati.



Barra degli strumenti

Nel seguito è presentata una panoramica di tutti i comandi necessari per eseguire SeismoBuild:

Menu principale	Comandi del menu a discesa	Tasti di scelta rapida	Pulsanti della barra degli strumenti
File	Nuovo	Ctrl+N	
	Apri	Ctrl+O	
	Importa dal Modellatore Edifici di SeismoStruct...	Ctrl+M	
	Importa da File XML...		
	Salva	Ctrl+S	
	Salva con nome...	-	
	Esporta Modello in SeismoStruct	-	
	Esporta Modello in XML...		
	Esporta disegni CAD	-	
Modifica	Copia Immagine 3D	Ctrl+Alt+C	
Visualizza	Parametri Analisi		
	Statistiche Modello		
	Visualizza Icone Grandi		
	Visualizza Icone Piccole		
Strumenti	FRP Design		
	Opzioni Immagine 3D...	-	
	Impostazioni Deformata...	-	
	Esporta nel File di Testo	-	
	CreaFile AVI...	-	
	Mostra File AVI...	-	
	Calcolatrice	-	
Aiuto	Guida in Linea di SeismoBuild	F1	
	Manuale Utente di SeismoBuild		
	Reporti di Verifica di SeismoBuild e SeismoStruct		
	File di Esempio di SeismoBuild		
	Seismosoft Forum		
	Video Tutorial		
	Pagina Web di supporto di Seismosoft		
	Invia un messaggio a Seismosoft		
	Sito Seismosoft	-	
	Registra Nuova Licenza	-	
	Imposta Lingua...		



Menu principale	Comandi del menu a discesa	Tasti di scelta rapida	Pulsanti della barra degli strumenti
	Informazioni su...	-	

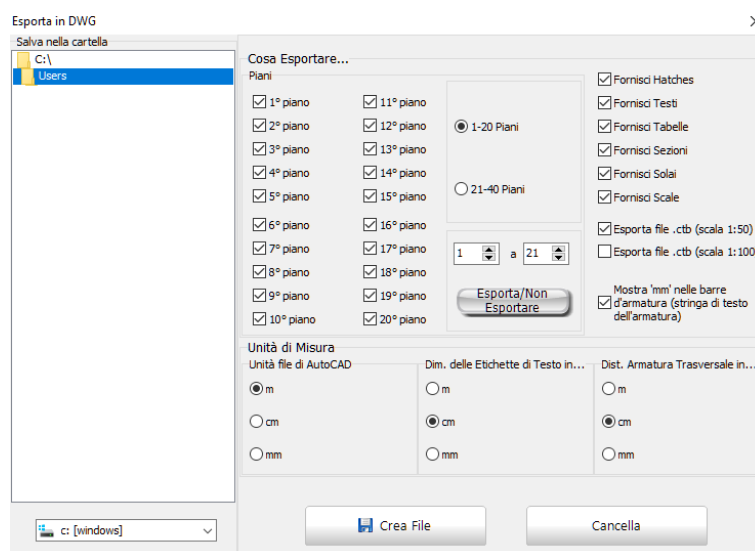
### Esportazione e Importazione Progetti di SeismoBuild come File XML

Un progetto di SeismoBuild può essere esportato come file XML dal menu principale (*File > Esporta in formato XML*). Quando si seleziona questa opzione, appare una nuova finestra per la definizione del nome e della posizione del file XML. Il file XML esportato contiene tutte le informazioni definite per il progetto di SeismoBuild nel Modellatore Edifici e nei Moduli dei Requisiti Normativi, organizzate in forma di *nodi* nominati in accordo con le informazioni trasportate da ciascun *nodo*. Un file XML contenente le informazioni di un progetto di SeismoBuild può essere caricato all'interno di SeismoBuild dal menu principale (*File > Importa da File XML*) mentre le informazioni contenute nel file XML e quelle che vanno a definire le varie impostazioni del progetto possono essere modificate direttamente nel file XML.

### Esportazione Disegni CAD

Dal menu principale (*File > Esporta disegni CAD*), è possibile creare rapidamente ed esportare una varietà di file di disegni CAD del modello strutturale (viste in pianta, sezioni degli elementi e tabelle delle armature), insieme a file \*.ctb creati appositamente e necessari per la stampa.

Gli utenti possono definire il numero di file da esportare (un file per ciascun piano) e le informazioni che si intende includere nel file CAD, come le unità di misura, ecc.



Modulo di esportazione in DWG


### Esportazione Modello in SeismoStruct

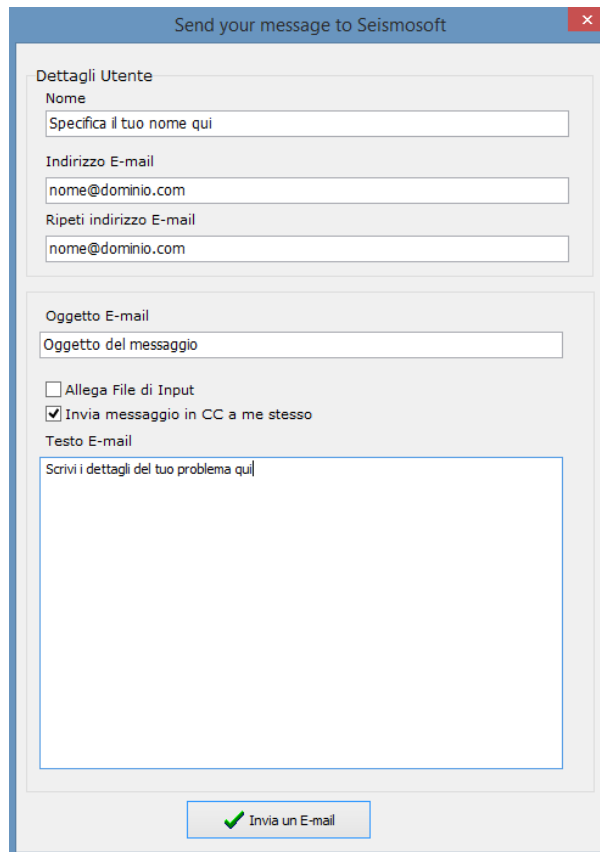
È inoltre possibile esportare i progetti associati alle analisi eseguite mediante SeismoBuild in SeismoStruct. Per fare ciò è necessario selezionare il comando del menu principale (*File > Esporta Modello in SeismoStruct*). Tutti i progetti apribili in SeismoStruct per tutte le analisi selezionate (analisi agli autovalori e tutte le analisi lineari/non lineari statiche/dinamiche) verranno esportati nella cartella del progetto di SeismoBuild.

### Importazione dal Modellatore Edifici di SeismoStruct

Un progetto realizzato mediante il Modellatore Edifici di SeismoStruct Building (\*.bmf) può essere caricato in SeismoBuild dal menu principale (*File > Importa da Modellatore Edifici di SeismoStruct*).

### Invio di un messaggio a Seismosoft

Gli utenti con licenza commerciale possono inviare un messaggio a Seismosoft dal menu principale (*Aiuto>Invia un Messaggio a Seismosoft*) o attraverso il pulsante nella barra degli strumenti . Quando si seleziona la spunta “Allega Input File” il modello viene automaticamente allegato e sarà inviato al Seismosoft Support group. Si noti che questo servizio è disponibile solo per la Versione Commerciale.



Send your message to Seismosoft

Dettagli Utente

Nome  
Specifica il tuo nome qui

Indirizzo E-mail  
nome@dominio.com


Ripeti indirizzo E-mail  
nome@dominio.com

Oggetto E-mail  
Oggetto del messaggio

☐ Allega File di Input


☒ Invia messaggio in CC a me stesso

Testo E-mail  
Scrivi i dettagli del tuo problema qui

 Invia un E-mail

Modulo di invio Messaggio a Seismosoft

### Parametri di Analisi

Dal menu principale (*Visualizza > Parametri di Analisi*) o tramite il pulsante  è possibile definire tutti i parametri richiesti per le elaborazioni numeriche nonlineari. Informazioni aggiuntive a proposito dei Parametri di Analisi e Modellazione possono essere trovate nel corrispondente capitolo di questo Manuale.

Parametri Analisi ✕

**Efficienza**
**Accuratezza**

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Lo schema di impostazioni selezionato sembra ragionevole

Classe di Elementi Frame (pilastri-travi)	FBPH
Classe di Elementi Frame (pareti)	FB
Indudi Nonlinearità Geometriche	Si
Tipologia Collegamenti/Diaframmi Rigidi	Funzioni Penalty
Collegamenti Rigidi: Esponente Funzioni Penalty	1e14
Diaframmi Rigidi: Esponente Funzioni Penalty	1e10
Tipo di Convergenza	Basato su Spostamenti/Rotazioni
Criterio basato su spostamenti	0.0001
Criterio basato su rotazioni	0.0001
Valore della Forza di Riferimento	-
Valore del Momento di Riferimento	-
Numero Massimo di Iterazioni:	40
Numero di Aggiornamenti della Rigidezza:	35
Iterazione di Divergenza:	35
Massima tolleranza:	1e20
Riduzione Massima del Passo:	0.001
Numero Minimo di Iterazioni:	1
Numero di Autovalori	10
Modello Materiale Calcestruzzo	con_ma
Modello Materiale Acciaio	sti_mp
Massimo Drift Interpiano Totale (%)	2.00
Passi Analisi Pushover	50


Impostazioni Avanzate
Impostazioni Predefinite
Ok
Cancella

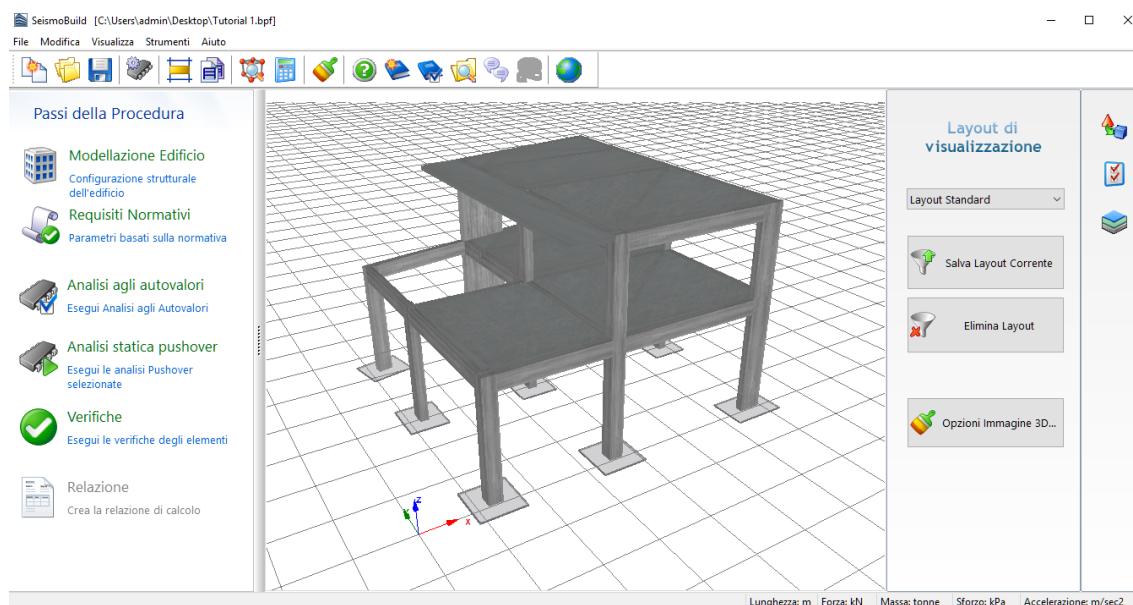
### Modulo Parametri di Analisi e Modellazione

## OPZIONI IMMAGINE 3D

Le impostazioni di visualizzazione dell'immagine 3D del modello strutturale possono essere modificate in funzione del gusto e delle esigenze dell'utente.

### Impostazioni di visualizzazione


All'interno di questo menu a scomparsa, accessibile tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti posta sulla destra dello schermo , gli utenti possono (i) selezionare un layout predefinito, tra *Layout Standard* (default) e *Modello Strutturale* (quest'ultimo è particolarmente utile per visualizzare i diagrammi delle forze interne), (ii) salvare layout di visualizzazione personalizzati oppure (iii) apportare modifiche alle impostazioni della visualizzazione 3D.



### Impostazioni di visualizzazione


#### Salva Layout Corrente

Gli utenti possono anche avere l'esigenza di salvare le modifiche effettuate nelle *Opzioni Immagine 3D*. Per fare ciò è necessario:

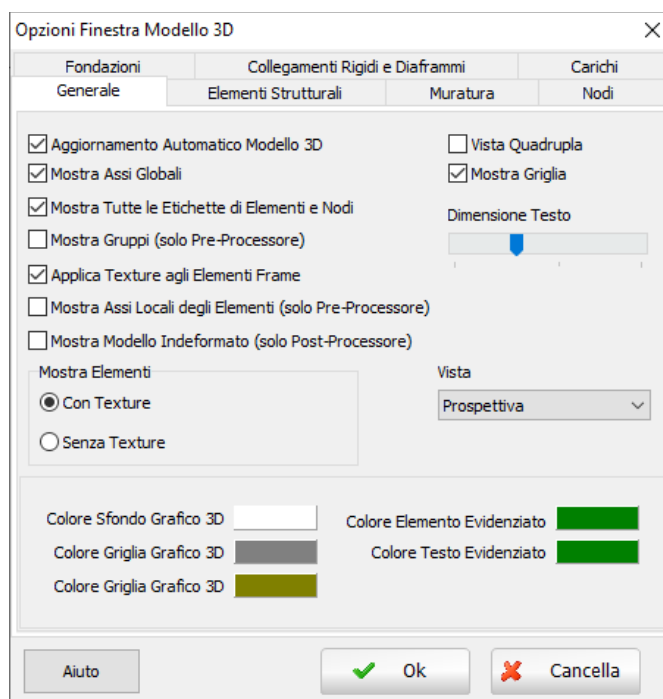
1. Premere sul pulsante presente nella barra degli strumenti ;
2. Assegnare un nome alla nuova configurazione di layout;
3. Premere sul pulsante *OK* per confermare l'operazione.

Il nuovo layout così definito apparirà nel menu a discesa posto nella barra degli strumenti. Inoltre, l'utente può sempre ritornare al layout iniziale di default selezionando l'opzione *Layout Standard* dal menu a discesa corrispondente.

#### Opzioni Immagine 3D...

Tutti i parametri di modifica della rappresentazione grafica possono, invece, essere impostati nella finestra di dialogo *Opzioni Immagine 3D*, accessibile dal menu principale (*Strumenti > Opzioni Immagine 3D...*) o dal corrispondente pulsante .


Nella finestra *Opzioni Immagine 3D* sono presenti numerose schede in cui l'utente non solo può scegliere quali componenti del modello mostrare (nodi, elementi 'frame', masse, link, vincoli, etc.), ma può anche cambiare una miriade di impostazioni, quali il colore/trasparenza degli elementi, gli assi dei grafici e lo sfondo, il colore e la dimensione delle etichette e così via.

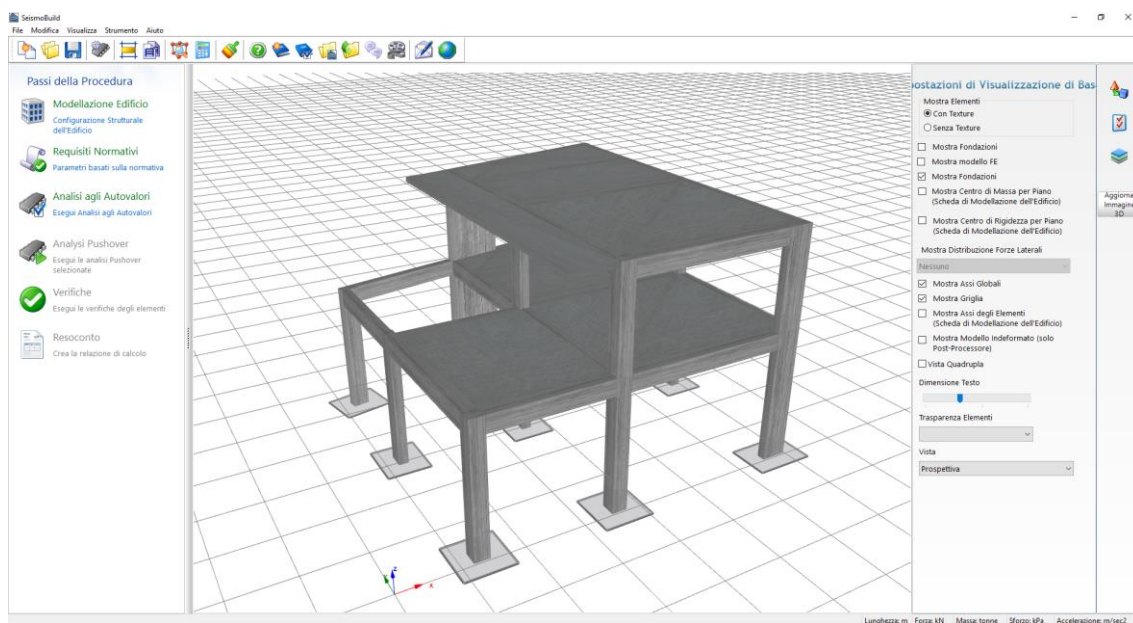


**Finestra di dialogo delle Opzioni Immagine 3D**

L'immagine 3D viene aggiornata automaticamente di default. Nei casi in cui il modello strutturale sia molto esteso (alcune centinaia di elementi) e/o l'utente stia utilizzando un pc portatile con alimentazione a batteria, con CPU rallentata (in modo da incrementare la durata della batteria), il programma potrebbe impiegare alcuni secondi per aggiornare la vista. Quindi, si potrebbe rivelare più conveniente per gli utenti disabilitare questa funzione (deselezionare l'opzione *Aggiornamento Automatico dell'Immagine 3D* nella scheda *Generale* delle Opzioni Immagine 3D) e scegliere invece l'aggiornamento manuale, effettuato tramite il comando *Aggiornamento Immagine 3D* che si trova nelle Opzioni Immagini 3D sulla destra dello schermo.


### Impostazioni di visualizzazione di base

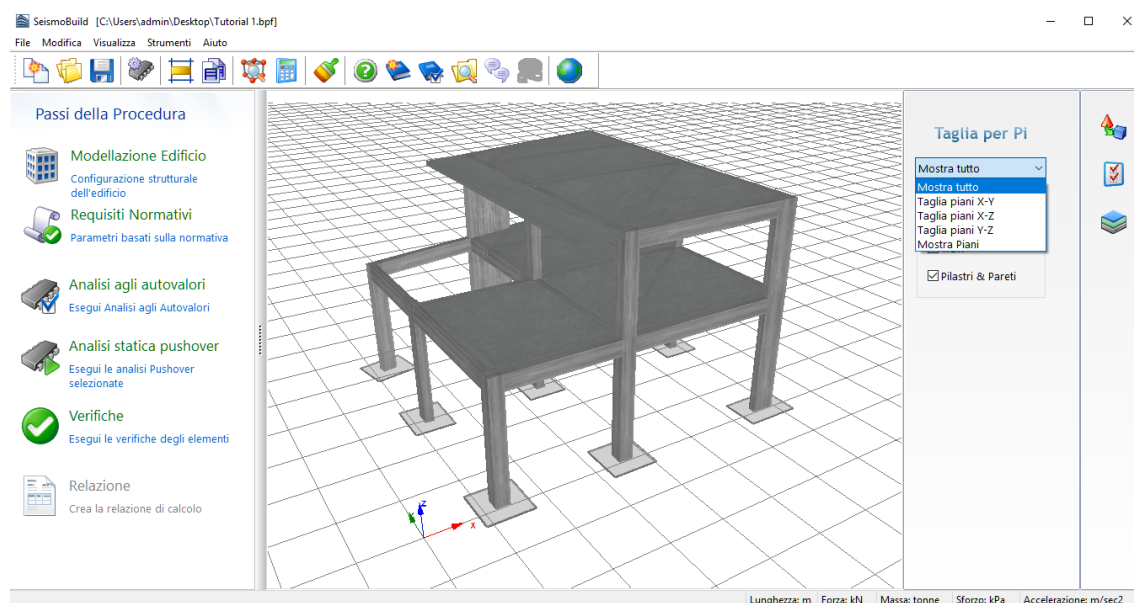
All'interno di questo menu a scomparsa, accessibile tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti posta sulla destra dello schermo , gli utenti possono modificare le proprietà di rappresentazione grafica più comunemente usate (tipo di vista, opzioni di rendering, visualizzazione dei nomi degli elementi, rappresentazione degli assi locali degli elementi, ecc.) utilizzando le caselle di scelta rapida e i menu a discesa disponibili.



Impostazioni di visualizzazione di base

## Taglia per Piani

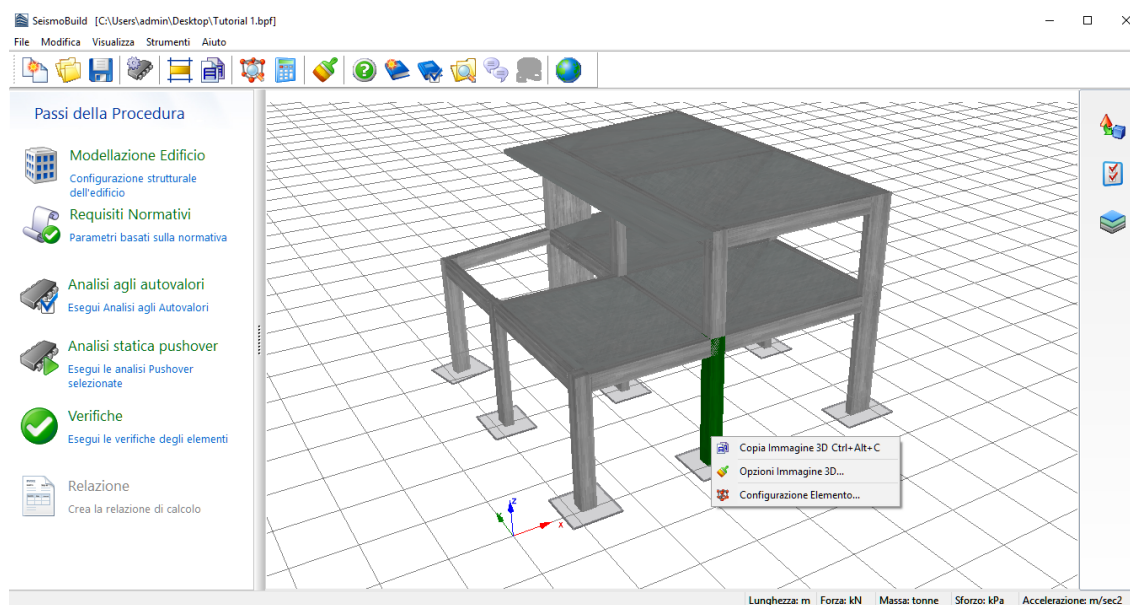
In aggiunta alle precedenti caratteristiche può anche essere attivata l'opzione *Taglia per Piani*, tramite il pulsante  presente sulla destra dello schermo.



Taglia per Piani

## Operazioni aggiuntive

L'utente ha anche la possibilità di ingrandire, ruotare e muovere rapidamente l'immagine 3D/2D del modello strutturale usando il mouse (altamente consigliato) o i tasti di scelta rapida (da tastiera). Inoltre, è anche possibile 'puntare e cliccare' (*Point & Click*) sugli elementi, in modo da essere indirizzati rapidamente nel Modellatore Edifici per visualizzare/modificare le proprietà dell'elemento (altrimenti è possibile fare click con il tasto destro del mouse e selezionare la voce "Configurazione Elemento...").



# Modellatore Edifici

Per facilitare la creazione dei modelli degli edifici, nel programma è stato sviluppato e introdotto uno speciale strumento di modellazione basato sul CAD. Attualmente possono essere creati solo edifici in cemento armato; nelle successive versioni del programma saranno anche supportati modelli in acciaio e compositi.

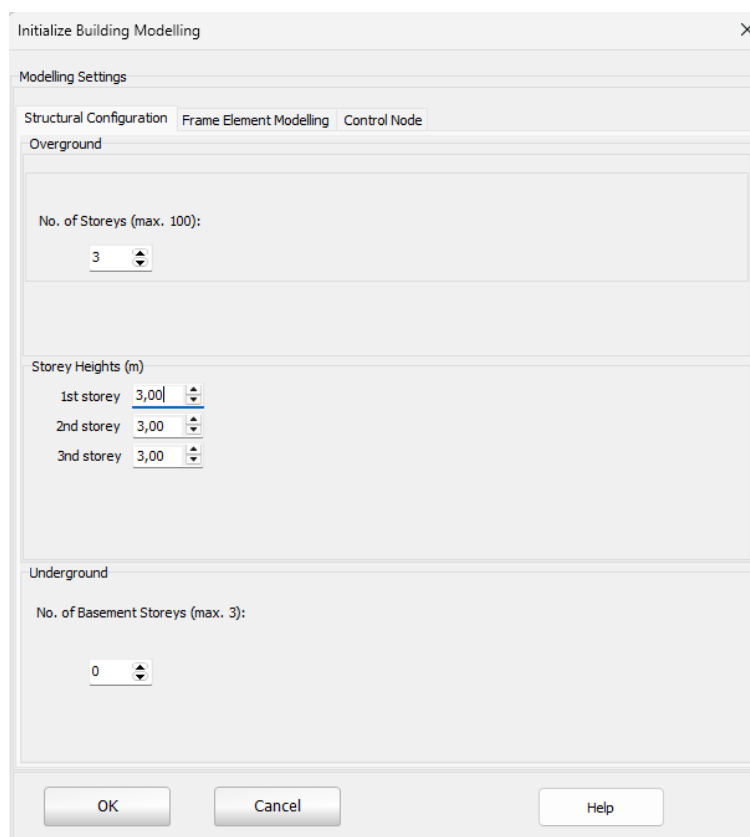
Il **Modellatore Edifici** è il primo passo della procedura di valutazione ed è accessibile dalla finestra principale del programma premendo il pulsante  presente sulla sinistra dello schermo.

## IMPOSTAZIONI DI MODELLAZIONE

Nella finestra di dialogo *Inizializza Modellazione Edificio* gli utenti possono definire la geometria del nuovo edificio e le principali impostazioni del modello.

### Configurazione Strutturale

Nella scheda denominata Configurazione Strutturale devono essere impostati il numero di piani e le rispettive altezze; a tal proposito può essere selezionato un numero compreso tra 1 e 100 piani, con altezze differenti ad ogni quota e la possibilità di applicare un'altezza comune ad un gruppo di piani. Possono essere anche definiti tre piani interrati e ciascuno con la propria altezza. La selezione di default per questa scheda è 3 per il numero di piani, con un'altezza di 3m per ogni piano.



The screenshot shows the 'Initialize Building Modelling' dialog box with the 'Structural Configuration' tab selected. The 'Modelling Settings' section contains three sub-tabs: 'Structural Configuration', 'Frame Element Modelling', and 'Control Node'. Under 'Overground', the 'No. of Storeys (max. 100):' is set to 3. Below this, 'Storey Heights (m)' are listed for the 1st, 2nd, and 3rd storeys, all set to 3,00. Under 'Underground', the 'No. of Basement Storeys (max. 3):' is set to 0. At the bottom are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Storey	Height (m)
1st storey	3,00
2nd storey	3,00
3rd storey	3,00

**Impostazioni di Modellazione – Configurazione Strutturale**

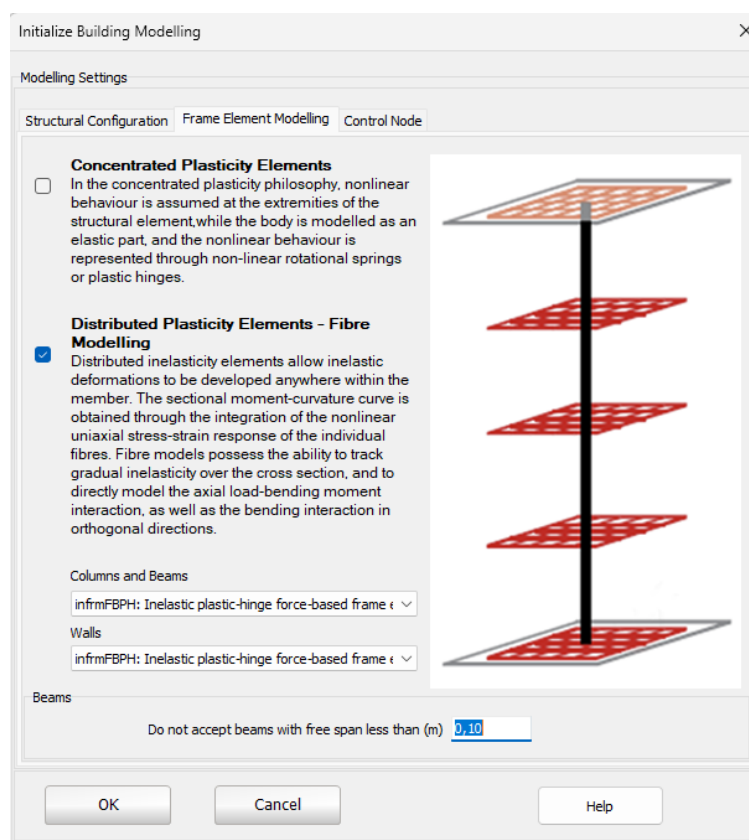


## Modellazione degli elementi intelaiati

Il metodo di modellazione da utilizzare per gli elementi intelaiati della struttura viene specificato. È possibile scegliere tra Elementi a Plasticità Concentrata oppure Elementi a Plasticità Distribuita – Modellazione a Fibre. Negli Elementi a Plasticità Concentrata, il comportamento non lineare di ciascun elemento strutturale si assume che avvenga solamente alle sue estremità. Il corpo principale dell'elemento è modellato come elastico, mentre l'azione anelastica è rappresentata mediante molle rotazionali non lineari o cerniere plastiche predefinite. Al contrario, negli Elementi a Plasticità Distribuita – Modellazione a Fibre, le deformazioni anelastiche possono svilupparsi in qualsiasi punto lungo l'elemento. La risposta momento-curvatura della sezione viene ottenuta tramite integrazione numerica del comportamento non lineare sforzo-deformazione uniaxiale delle singole fibre. Attraverso la modellazione a fibre, si coglie la diffusione graduale dell'anelasticità all'interno della sezione, si rappresenta l'interazione sforzo normale-momento flettente e si simula la flessione attorno a entrambi gli assi principali. la definizione del nodo di controllo è effettuata in questo modulo. Gli utenti possono selezionare direttamente il piano del nodo di controllo, o in alternativa scegliere la definizione automatica, nella quale il nodo di controllo viene definito nel centro di massa dell'ultimo piano o quello immediatamente inferiore a quest'ultimo (nel caso in cui si abbia una massa del piano superiore minore del 10% della massa del piano inferiore), in base alle scelte fatte in *Strumenti Avanzati > Proprietà Avanzate dell'Edificio*.

Quando questa opzione è selezionata, le formulazioni di modellazione per colonne e travi, e per i muri, vengono scelte tramite i rispettivi menu a tendina.

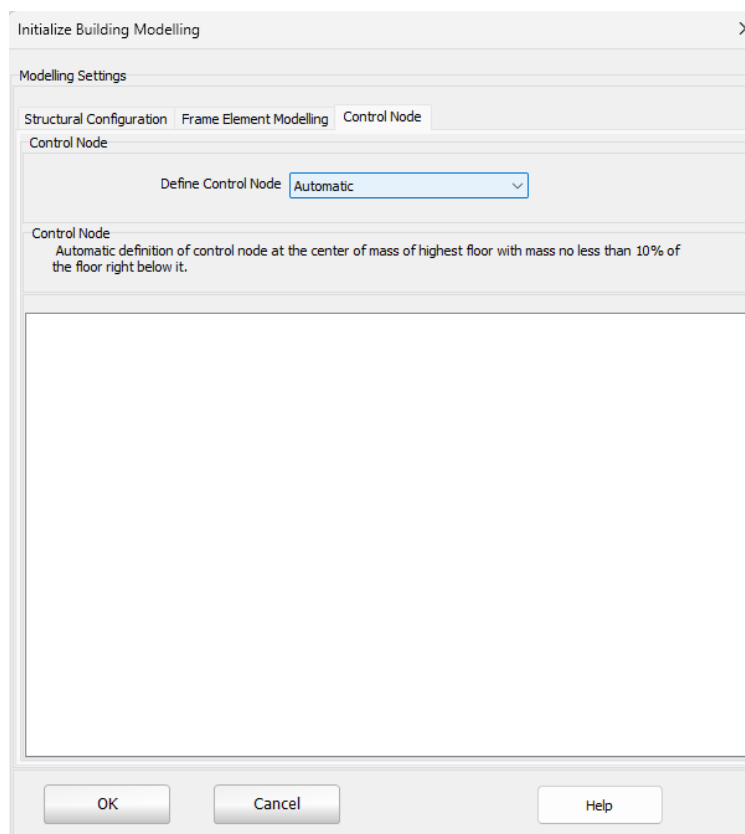
È inoltre disponibile, in questa scheda, l'opzione di non accettare travi più corte di una determinata lunghezza, per evitare la creazione di travi molto corte per errore (ad esempio, estendendo leggermente il bordo di una trave oltre il pilastro alla sua estremità). Il valore predefinito per questa opzione è 0,1 m.




Modelling Settings – Frame Element Modelling

## Modellazione strutturale

La definizione del nodo di controllo viene effettuata all'interno di questo modulo. Gli utenti possono selezionare direttamente il piano in cui si trova il nodo di controllo, oppure scegliere la definizione automatica, nella quale il nodo di controllo viene posizionato al centro di massa dell'ultimo piano, oppure al piano immediatamente inferiore (nel caso in cui la massa dell'ultimo piano sia inferiore al 10% di quella del piano sottostante), a seconda dell'opzione selezionata in Impostazioni Avanzate > Proprietà Avanzate dell'Edificio.



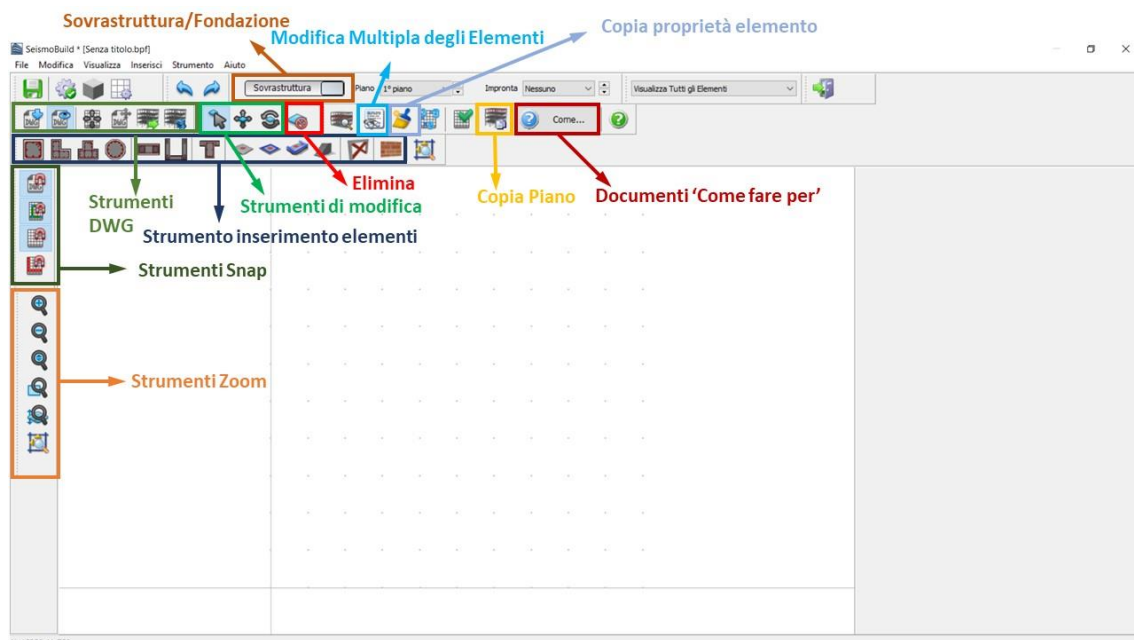
**Impostazioni di Modellazione –Modellazione Strutturale**

Si prega di notare che le impostazioni del Modellatore Edifici possono essere modificate anche in un secondo momento tramite il pulsante  della barra degli strumenti.

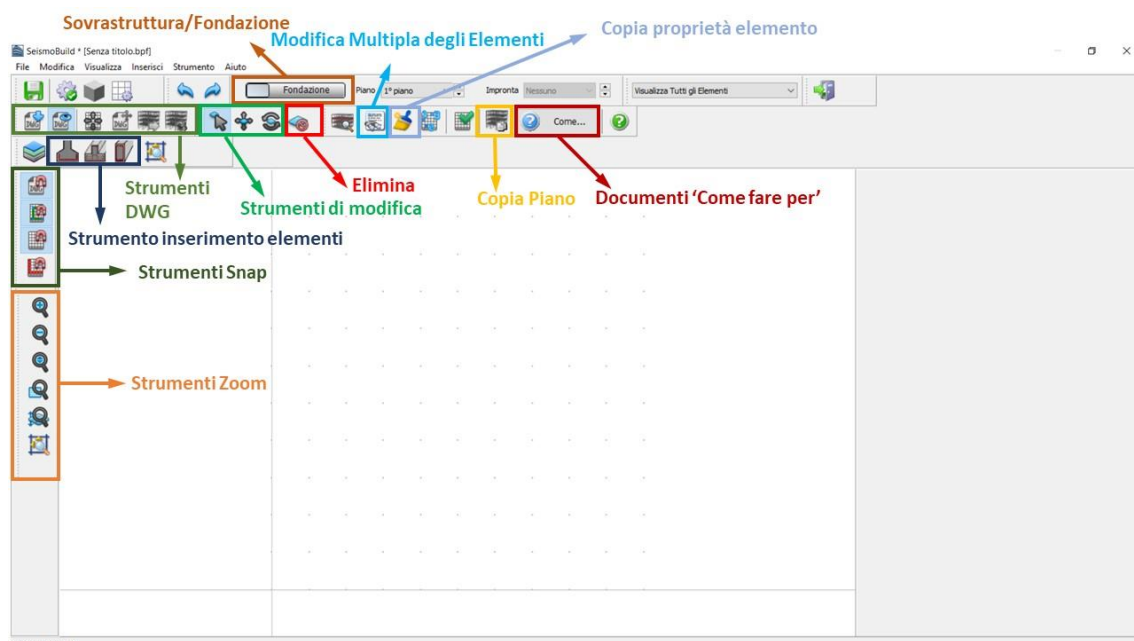
## FINESTRA PRINCIPALE DEL MODELLATORE EDIFICI

Dopo aver selezionato le impostazioni principali dell'edificio apparirà la finestra principale del Modellatore Edifici, come mostrato nella figura seguente. Il Modellatore Edifici offre due diverse modalità di lavoro, ovvero la modalità Sovrastruttura e la modalità Fondazione. L'utente può passare da una modalità all'altra tramite il pulsante corrispondente nella barra degli strumenti.

Gli utenti possono anche selezionare il tipo di elementi da visualizzare nel Modellatore Edificio. Le opzioni disponibili sono: (i) Visualizza telaio in cemento, (ii) Visualizza tamponamenti e controventi in acciaio e (iii) Visualizza tutti gli elementi. Quando è selezionata la prima opzione, i tamponamenti e i controventi in acciaio già importati nel modello non possono essere selezionati o modificati, mentre quando è selezionata la seconda opzione gli elementi trave assegnati non possono essere selezionati o modificati.




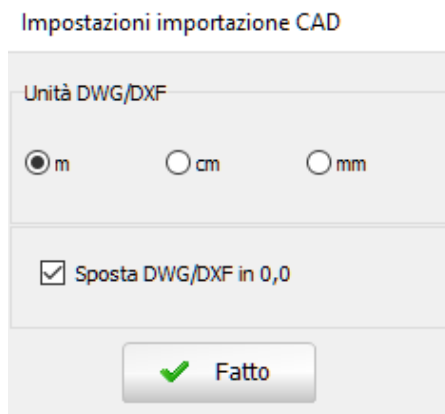
Finestra Principale del Modellatore Edifici (Modalità Sovrastruttura)






Finestra Principale del Modellatore Edifici (Modalità Fondazione)


## INSERIMENTO DI UNO SFONDO

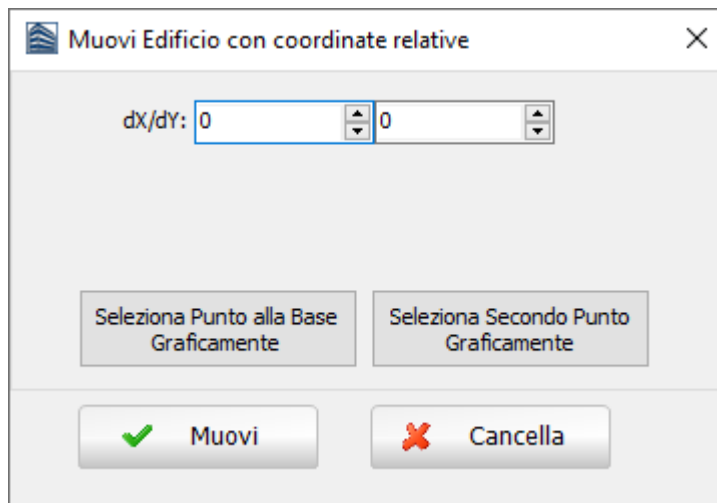
à Dal menu principale (*File > Importa DWG...*), o tramite il pulsante corrispondente della barra degli strumenti , è possibile importare un disegno CAD da utilizzare come sfondo. Una volta importato il disegno, all'utente viene chiesto di assegnare le unità del disegno e se spostare il file DWG/DXF in 0,0, ossia nell'origine del sistema di coordinate. Selezionando la casella l'estremo inferiore-sinistro del disegno verrà spostato nelle coordinate (0,0) a prescindere dalle sue coordinate CAD iniziali.




**Finestra delle impostazioni del file Cad da importare**

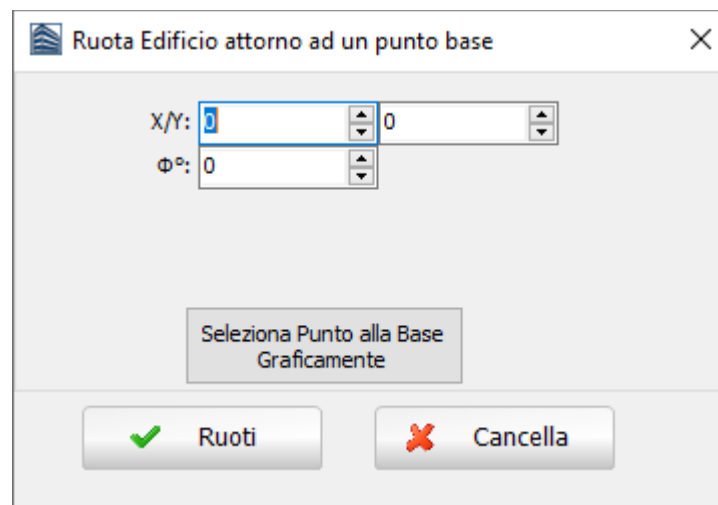
Si prega di notare che, tramite il pulsante della barra degli strumenti *Muovi Asse Centrale* , accessibile anche dal menu principale (*Visualizza > Muovi Asse Centrale*) è possibile spostare l'origine degli assi anche in un secondo momento, in una posizione diversa e magari più appropriata. Vi è anche la possibilità di spostare il file CAD importato mediante il pulsante *Muovi DWG*  disponibile nella barra strumenti o dal menu principale (*Visualizza > Muovi DWG*). Inoltre, dal menu (*Visualizza > Mostra/Nascondi DWG*) o tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , si può impostare l'opzione di rendere visibile o meno il disegno CAD.

Gli utenti possono anche spostare l'edificio in pianta dal menu principale (*Strumenti > Muovi Edificio*) o dal corrispondente pulsante della barra degli strumenti , in entrambi i casi si assegnano le coordinate relative di spostamento o selezionando graficamente il punto base e il punto finale.



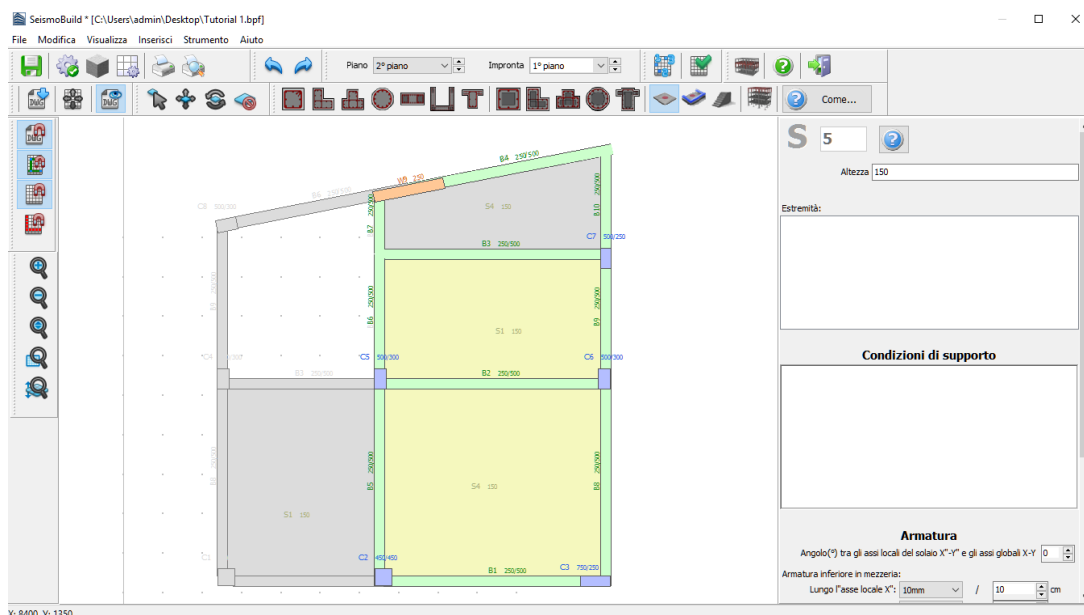
**Finestra Muovi Edificio**

Si può anche ruotare l'edificio in pianta dal menu principale (*Strumenti > Ruota Edificio*) o dal seguente pulsante della barra degli strumenti . Gli utenti devono specificare il punto base tramite le proprie coordinate o graficamente e assegnare l'angolo di rotazione.



Finestra Muovi Edificio

Infine, è possibile utilizzare come sfondo il layout di un piano esistente, per introdurre facilmente nuovi elementi ad un altro piano dell'edificio.




Nuovo piano e Sfondo

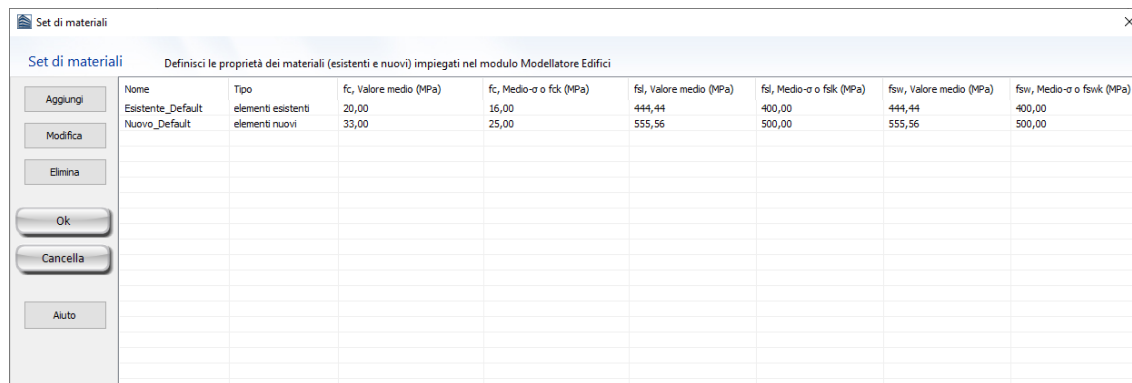
## INSERIMENTO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

I Set di Materiali, i carichi sugli elementi, le Proprietà Avanzate degli Elementi e i Parametri di Modellazione sono comuni a tutte le finestre delle proprietà delle sezioni, mentre il Rinforzo con FRP è disponibile solo per gli elementi in c.a., e il Guscio di Rinforzo (Jacket) è disponibile per i pilastri e le travi in c.a. Si noti che è stata introdotta una lista di documenti "How-To" per un accesso rapido a tutte le informazioni necessarie relative alla modellazione all'interno del Building Modeller.

### Set di Materiali

Le proprietà dei Set di Materiali possono essere definite dal menu principale (*Strumenti > Definisci Set di Materiali*), tramite il pulsante corrispondente della barra degli strumenti , oppure tramite il pulsante *Definisci Set Materiali* all'interno della finestra delle proprietà degli elementi.

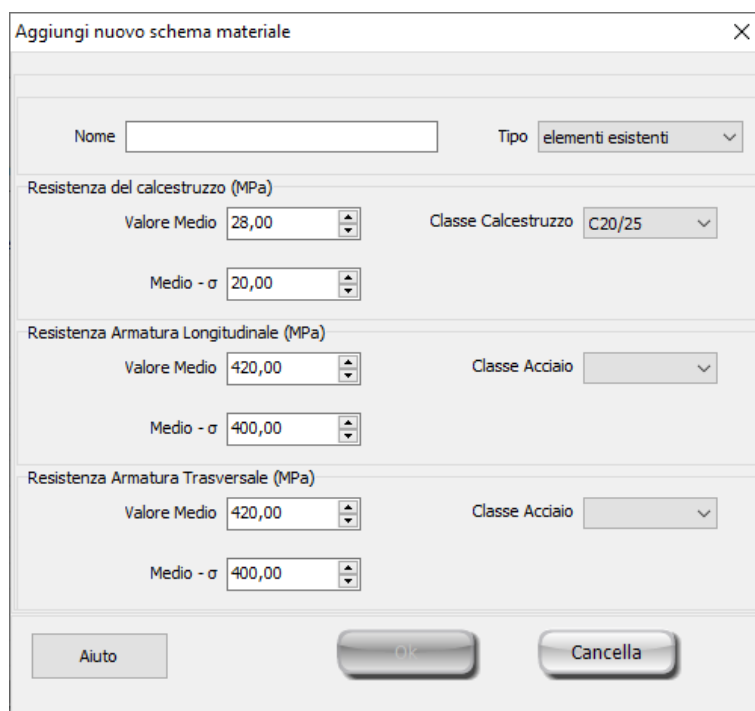
Le proprietà dei materiali richiesti dipendono dal tipo di elemento, cioè se esistente o nuovo. Per i materiali esistenti sono richiesti il valore della resistenza media e il valore della resistenza media meno una deviazione standard, mentre per i nuovi materiali devono essere assegnati il valore della resistenza caratteristica e il valore della resistenza media. Di default, vengono caricati due schemi di materiale, uno per gli elementi esistenti e uno per quelli nuovi. Gli utenti possono modificare i valori dei set di default, ma per soddisfare al meglio le esigenze del loro modello possono anche aggiungere nuovi set di materiali (ad esempio quando nel sistema strutturale sono impiegate diverse resistenze dei materiali).



**Set di materiali** Definisci le proprietà dei materiali (esistenti e nuovi) impiegati nel modulo Modellatore Edifici

	Nome	Tipo	fc, Valore medio (MPa)	fc, Medio-σ o fck (MPa)	fsl, Valore medio (MPa)	fsl, Medio-σ o fsk (MPa)	fsw, Valore medio (MPa)	fsw, Medio-σ o fswk (MPa)
Aggiungi	Esistente_Default	elementi esistenti	20,00	16,00	444,44	400,00	444,44	400,00
Modifica	Nuovo_Default	elementi nuovi	33,00	25,00	555,56	500,00	555,56	500,00
Elimina								
Ok								
Cancella								
Aiuto								

Finestra dei Set di Materiali



**Aggiungi nuovo schema materiale**

Nome  Tipo **elementi esistenti**

**Resistenza del calcestruzzo (MPa)**

Valore Medio  Classe Calcestruzzo **C20/25**

Medio - σ

**Resistenza Armatura Longitudinale (MPa)**

Valore Medio  Classe Acciaio

Medio - σ

**Resistenza Armatura Trasversale (MPa)**

Valore Medio  Classe Acciaio

Medio - σ

Aggiungi Nuovo Schema Materiale

**NOTA 1:** C'è una limitazione sul numero massimo di schemi di materiali che può essere definito ed è pari a 10. I set di materiali di default non possono essere rimossi.

**NOTA 2:** L'opzione di applicare resistenze dei materiali predefinite, in funzione dell'anno di costruzione dell'edificio, è disponibile quando ciò è consentito dal Codice selezionato.

Nelle sezioni in acciaio è necessario specificare solo la resistenza caratteristica di snervamento e indicare se l'elemento è nuovo oppure esistente.

### Caricamento dei Membri

I carichi aggiuntivi possono essere definiti cliccando sul pulsante Carichi Distribuiti e ai Confini per colonne e muri e sul pulsante Altri Carichi per travi. Gli utenti possono definire forze distribuite uniformemente lungo la lunghezza del membro in tutte e tre le direzioni di traslazione (X, Y o Z), e forze o momenti in qualsiasi direzione traslazionale o rotazionale (X, Y, Z, RX, RY o RZ) su uno dei due bordi del membro. Possono essere applicati carichi permanenti aggiuntivi  $G'$  (non associati al peso proprio della struttura), carichi variabili  $Q$  e carichi di neve  $S$ , quest'ultimi applicabili solo a ASCE 41 e TBDY. Per impostazione predefinita, tutti i carichi sono uguali a zero.

Permanent Loads $G'$ (KN/m)	
X	0,000
Y	0,000
Z	-5,000

Live Loads $Q$ (KN/m)	
X	0,000
Y	0,000
Z	0,000

Snow Loads $S$ (KN/m) [ASCE 41 and TBDY only]	
X	0,000
Y	0,000
Z	0,000

Edge 1 Loads

Edge 2 Loads

**Finestra Carichi Distribuiti e ai Confini**

### Proprietà Avanzate dell'Elemento

Dalla finestra di dialogo Proprietà Avanzate dell'Elemento, accessibile dalla Finestra delle Proprietà, è possibile definire le impostazioni degli elementi secondo normativa. In questa scheda gli utenti possono definire la classificazione dell'elemento (cioè se si tratta di un elemento primario o secondario dal punto di vista della risposta sismica), se presenta o meno adeguati dettagli di tipo antisismico, lo spessore del suo copriferro, il tipo di barre longitudinali (possono essere assegnate barre di acciaio fragile lavorato a freddo e barre longitudinali lisce), il tipo e la lunghezza di sovrapposizione delle barre longitudinali, nonché l'accessibilità dell'area di intervento, nonché la percentuale media della perdita di area dell'armatura longitudinale e trasversale dovuta alla corrosione (le ultime due informazioni sono necessaria solamente per gli interventi sismici previsti dalla normativa greca). Si osserva che la lunghezza di sovrapposizione può essere definita in tre modi: (i) gli elementi presentano una lunghezza di sovrapposizione relativa adeguata, rispetto alla lunghezza di sovrapposizione minima per deformazione ultima (opzione di default); (ii) gli elementi presentano una lunghezza di sovrapposizione relativa inadeguata (è necessario definire il rapporto tra la lunghezza di sovrapposizione applicata e quella minima per deformazione ultima); e (iii) gli elementi presentano una lunghezza di sovrapposizione inadeguata (in questo caso deve essere assegnata la lunghezza di sovrapposizione assoluta).

Proprietà Avanzate degli Elementi

**Classificazione**

☒ Primario ☐ Senza adeguati dettagli di tipo antisismico

☐ Secondario

**Tipologia Barre Longitudinali**

Acciaio lavorato a freddo ☐ Barre longitudinali lisce ☐

**Sovrapposizione Barre Longitudinali**

Tipo di sovrapposizione

☐ Elementi con barre longitudinali deformate senza sovrapposizione in corrispondenza della regione plastica

☒ Elementi con barre longitudinali deformate con estremità dritte sovrapposte a partire dalla sezione di estremità

**Lunghezza di sovrapposizione**

☒ lunghezza di sovrapposizione relativa adeguata,  $l_o/l_{ou,min} > 1$ ,

☐ lunghezza di sovrapposizione relativa inadeguata,  $0 < l_o/l_{ou,min} < 1$ ,

☐ lunghezza di sovrapposizione assoluta,  $l_o$  (mm)

**Accessibilità dell'area di intervento (solo per gli elementi nuovi o rinforzati)**

☒ Normale (facile) ☐ Ridotta (difficile)

**Copriferro**

Spessore (mm)

**Riferimenti Normativi**

**EC8**  
Sections A3.2.2(3)(5)(7)-(9)

**ASCE 41-17**  
Tabella 10-8, 10-9 and 10-11

**NTC-08**  
Sezione C8A.6.1

**NTC-18**  
Sezione C8A.6.1

**KANEPE**  
Sezione 7.2.4.1(b)

Ok

Cancel

### Modulo Proprietà Avanzate dell'Elemento

Per gli elementi della fondazione (ovvero i Plinti e le Travi di Fondazione) è necessario definire altri due parametri, vale a dire la Pressione Portante Ammissibile- e la Resistenza alla Pressione Passiva del Terreno.



Proprietà Avanzate degli Elementi

**Classificazione**

☒ Primario  
☐ Secondario

☐ Senza adeguati dettagli di tipo antisismico

**Tipologia Barre Longitudinali**

☐ Acciaio lavorato a freddo  
☐ Barre longitudinali lisce

**Sovrapposizione Barre Longitudinali**

**Tipo di sovrapposizione**

☐ Elementi con barre longitudinali deformate senza sovrapposizione in corrispondenza della sezione di estremità  
☒ Elementi con barre longitudinali deformate con sovrapposizione in corrispondenza della sezione di estremità

**Lunghezza di sovrapposizione**

☒ lunghezza di sovrapposizione relativa adeguata,  $l_o/l_{ou,min} > 1$ ,  
☐ lunghezza di sovrapposizione relativa inadeguata,  $0 < l_o/l_{ou,min} < 1$ ,  
☐ lunghezza di sovrapposizione assoluta,  $l_o$  (mm)

**Accessibilità dell'area di intervento (solo per gli elementi nuovi o rinforzati)**

☒ Normale (facile)  
☐ Ridotta (difficile)

**Copriferro**

Spessore (mm)

**Corrosione Armatura**

Corrosione: Perdita di area media (%) per arm. long. =   
Corrosione: Perdita di area media (%) per arm. trasv. =

**Parametri Terreno-Fondazione**

Pressione Portante Ammissibile (kPa)   
Resistenza dalla Pressione Passiva del Suolo (kN)

**Riferimenti Normativi**

Ok

Cancella

### Parametri di modellazione delle fondazioni

Per gli elementi in acciaio, gli utenti possono definire diversi parametri relativi alle verifiche basate sulle normative, come ad esempio il rapporto tra  $L_b$  (la lunghezza tra i punti controventati rispetto allo spostamento laterale dell'ala compressa o rispetto alla torsione della sezione) e  $L$  (la lunghezza totale dell'elemento), che non deve superare 1,00. Gli utenti possono inoltre specificare il numero di irrigidimenti trasversali e indicare se le sezioni cave sono laminate a caldo oppure formate a freddo. Per le sezioni di Classe 4 secondo l'Eurocodice, è possibile definire il rapporto tra l'area efficace in compressione uniforme ( $A_{eff}$ ) e l'area totale ( $A$ ), nonché i rapporti tra il modulo resistente efficace ( $W_{eff,min}$ ) e il modulo resistente totale ( $W_{min}$ ) per entrambi gli assi locali 2 e 3. È inoltre consentito assegnare lo spostamento dell'asse baricentrico in compressione ( $e_n$ ) per ciascun asse locale. Un pannello dedicato è infine disponibile per riferirsi alle normative di progetto pertinenti.

**Modulo Proprietà Avanzate degli Elementi per sezioni in acciaio**

## Parametri di Modellazione

I parametri di modellazione degli elementi possono essere definiti dalla finestra di dialogo *Parametri di Modellazione*, cui si accede tramite *Finestra delle Proprietà*. Gli utenti, qui, possono definire il tipo di acciaio e calcestruzzo, il tipo di elementi frame che sarà utilizzato per modellare gli elementi strutturali SeismoBuild, insieme alle altre opzioni di modellazione, quali il numero di fibre della sezione e l'assegnazione di rilasci di Momento/Taglio.

I materiali e i tipi di elementi frame utilizzati nel progetto di SeismoBuild vengono definiti nella scheda Modellazione Avanzata dell'Edificio del modulo Impostazioni Avanzate. Le scelte operate all'interno della scheda Modellazione Avanzata dell'Edificio risultano essere le opzioni di "Default" all'interno della scheda Parametri di Modellazione degli Elementi.

Sono disponibili quattordici tipi di materiali in SeismoBuild, sei per il calcestruzzo e otto per l'acciaio. L'elenco completo dei materiali è proposto qui di seguito:

- modello nonlineare per calcestruzzo di Mander et al. - con\_ma
- modello nonlineare (trilineare) per calcestruzzo - con\_tl
- modello nonlineare per calcestruzzo di Chang-Mander- con\_cm
- modello nonlineare per calcestruzzo di Kappos e Konstantinidis - con\_hs
- modello per calcestruzzi ECC- con\_ecc
- Modello di Kent Scott Park- con\_ksp
- Modello nonlineare per acciaio di Menegotto-Pinto - stl\_mp
- modello nonlineare per acciaio di Giuffre-Menegotto-Pinto - stl\_gmp
- modello nonlineare (bilineare) per acciaio- stl\_bl
- modello nonlineare (bilineare con incrudimento isotropo) per acciaio- stl\_bl2
- modello per acciaio di Ramberg-Osgood - stl\_ro
- modello per acciaio di Dodd-Restrepo - stl\_dr
- modello per acciaio di Monti-Nuti - stl\_mn
- Modello per controvento in Acciaio a Instabilità Impedita- stl\_br

Per una descrizione completa dei tipi di materiale si faccia riferimento all'Appendice C– Materiali.

Possono essere impiegati differenti tipi di elementi frame per la modellazione degli elementi strutturali. Gli utenti possono selezionare elementi inelastici con formulazione basata sulle forze (infrmFB), elementi inelastici con formulazione basata sulle forze e cerniera plastica (infrmFBPH), elementi inelastici con formulazione basata sugli spostamenti e cerniera plastica (infrmDBPH), elementi inelastici con formulazione basata sugli spostamenti (infrmDB), elementi frame elastici (elfrm). Si consiglia l'impiego di elementi inelastici con formulazione basata sugli spostamenti (infrmDB) per elementi tozzi, scelta che migliora sia l'accuratezza che la stabilità dell'analisi.

**NOTA: Le verifiche basate sulle normative non vengono eseguite per gli elementi del tipo “elastic frame element” (elfrm). Pertanto, questo tipo di elemento può essere utilizzato solo in casi di modellazione speciali, quando ci si aspetta un comportamento elastico dell'elemento.**

Inoltre, deve essere definito il numero di fibre utilizzate nel calcolo dell'equilibrio per ciascuna sezione di integrazione. Gli utenti possono assegnare un numero di fibre a loro scelta oppure utilizzare il calcolo automatico, sapendo che sono definite 50 fibre per un elemento di calcestruzzo con area minore di  $0.1\text{m}^2$  e 200 fibre per elementi di calcestruzzo con area maggiore di  $1\text{m}^2$ , mentre per valori intermedi viene eseguita interpolazione lineare. Ciascuna barra di armatura longitudinale è definita da 1 fibra aggiuntiva (aggiunta alle suddette fibre di calcestruzzo).

Infine, gli utenti possono ‘rilasciare’ uno o più dei gradi di libertà dell'elemento (forze o momenti) nel nodo.

**Parametri di modellazione**

Modellazione dei materiali

Calcestruzzo  
Default

Steel  
Default

Modellazione Elementi Frame

Classe di elementi  
Default

Fibre Sezione

☒ Calcolo Automatico ☐ definita dall'utente

Rilasci di forze/momenti alle estremità

☐ M2a ☐ M3a ☐ F

☐ M2b ☐ M3b ☐ Mt

Ok Cancella

**Modulo dei Parametri di Modellazione**

## Parametri di modellazione delle Fondazioni

I parametri di modellazione per gli elementi della fondazione possono essere specificati nei Parametri del Modello Avanzato per i membri della fondazione. In particolare, per Plinti e Travi di Fondazione in cui il collegamento al terreno è modellato mediante elementi Link, è possibile specificare il tipo di Link (Elastico o Anelastico) da utilizzare; è inoltre possibile vincolare completamente o lasciare libero uno qualsiasi dei sei gradi di libertà del legame.

The dialog box 'Parametri Modellazione Fondazione' contains the following settings:

Tipologia di Rigid.				
F1	F2	F3	M2	M3
<input type="radio"/> Fisso	<input type="radio"/> Fisso	<input type="radio"/> Fisso	<input type="radio"/> Fisso	<input type="radio"/> Fisso
<input checked="" type="radio"/> Flessibile	<input checked="" type="radio"/> Flessibile	<input checked="" type="radio"/> Flessibile	<input checked="" type="radio"/> Flessibile	<input checked="" type="radio"/> Flessibile

Tipologia di Link

☒ Elastico      ☐ Anelastico

Buttons: Ok, Cancel

**Parametri di modellazione delle Fondazioni**

## Incamiciatura

La camicia in cemento armato può essere assegnata a pilastri e travi tramite il modulo *Incamiciatura*. Gli utenti, a seconda della sezione, possono scegliere di inserire un'incamiciatura completa, su 3 lati, 2 lati o su lato singolo.

È possibile definire l'insieme dei materiali delle sezioni incamiciate, nonché l'armatura longitudinale e trasversale della camicia.

The 'Rivestimento' dialog box contains the following settings:

Tipo di incamiciatura: Incamiciatura completa

Set di Materiale: Nuovo\_Default

Definisci Set di Materiali

Armatura longitudinale

Angoli:	4	20mm
Lati superiore/inferiore:	2	16mm
Lati sinistro/destro:	2	16mm

Barre Aggiuntive: Nessuno

Armatura trasversale

Trasversale: 10mm / 10 cm

No. bracci lungo: Altezza 2 Larghezza 2

**Modulo incamiciatura**

## Isolatore

Gli isolatori possono essere aggiunti anche in diversi punti delle sezioni del pilastro e della parete. Vengono assegnati a pilastri/pareti attraverso il modulo Isolatore, dove gli utenti possono selezionare la geometria (posizione - in basso, in alto o in un punto intermedio - e l'altezza dell'isolatore), la tipologia (isolatore elastomerico, elastomerico con nucleo in piombo o isolatore a pendolo scorrevole, FPS) e i parametri dell'isolatore: la rigidezza verticale e orizzontale, la resistenza allo snervamento a taglio e il rapporto di incrudimento (per gli isolatori elastomerici e elastomerici con nucleo in piombo, che sono modellati come tipo di elemento isolatore1) o il coefficiente di attrito e il raggio del pendolo (per gli isolatori a superficie curva, noti anche come Friction Pendulum System (FPS)).

**Modulo isolatore**

## Fasciatura in FRP

Gli avvolgimenti in FRP possono essere assegnati a pilastri, pareti e travi tramite il modulo FRP Wrapping. Gli utenti possono selezionare il foglio FRP da un elenco dei prodotti più comuni presenti sul mercato, oppure introdurre valori definiti dall'utente. È possibile definire anche il numero di strati applicati, nonché specificare se nelle verifiche devono essere utilizzate le proprietà del FRP secco oppure laminato. L'utente può inoltre indicare se l'avvolgimento FRP è continuo, oppure definire l'interasse tra i tessuti e la larghezza del tessuto.

La configurazione dell'avvolgimento attorno all'elemento esistente può essere selezionata (per i pilastri è disponibile solo l'opzione completamente avvolta, mentre per le travi sono previste ulteriori opzioni, come l'avvolgimento a 3 lati o a 2 lati, inclusa la possibilità di utilizzare ancoraggi meccanici nelle estremità aperte). Poiché si considerano sezioni trasversali rettangolari, è possibile definire anche il raggio di arrotondamento degli spigoli (R), parametro critico per l'applicazione dei rinforzi in FRP. Infine, deve essere definito il Fattore di Conversione Ambientale.

**Define FRP Sheet**

**FRP Sheet**

☐ No FRP wrapping  
☒ Select from a List  
☐ User-defined Values

Company Name: **Sika**

SikaWrap® Hex 103C  
 SikaWrap® Hex 113C  
 SikaWrap® Hex 115C (1)  
 SikaWrap® Hex 115C (2)  
 SikaWrap® Hex 117C  
 SikaWrap®-160 CBI  
 SikaWrap®-170C Mesh  
 SikaWrap®-230 C  
 SikaWrap® Hex 230C  
 SikaWrap®-300 C  
 SikaWrap®-300 B-C/30  
 SikaWrap®-380C Quadri  
 SikaWrap®-530 C  
 SikaWrap®-600 C  
 SikaWrap®-900 C  
 SikaWrap®Hex 100 G (1)  
 SikaWrap®Hex 100 G (2)  
 SikaWrap®Hex 106 G  
 SikaWrap®Hex 107 G (1)  
 SikaWrap®Hex 107 G (2)  
 SikaWrap®-430 G  
 SikaWrap®Hex 430 G  
 SikaWrap®-930 G

**Technical Data**  
**SikaWrap® Hex 103C**  
 Company Name: Sika  
 Type: Carbon  
 Fiber Orientation: 0° (uniaxial)  
 Application: Dry/Wet  
 Resin: Sikadur® 300, Sikadur® Hex 300 or Sikadur® 301

**Typical Fiber Properties (nominal values)**

Fiber Thickness (mm)	0,3400
Tensile Strength (MPa)	3793,0
Tensile Modulus (MPa)	234500,0
Elongation (%)	1,50
Weight (gr/m2)	618,0

**Cured Laminate Properties (design values)**

Fiber Thickness (mm)	1,0160
Tensile Strength (MPa)	1055,0
Tensile Modulus (MPa)	64828,0
Elongation (%)	1,00

☒ Use Laminate Properties in the Calculations  
 (Both dry and laminate FRP sheet properties are available)

☒ Continuous  
 Spacing SF: 500,00 mm  
 Width wf: 300,00 mm  
 Fully wrapped  
 Number of layers: 1  
 Radius of Rounding Corners R: 40,0 mm

Environmental conversion factor for different exposure conditions (NTC-18 only)

☒ Internal  
☐ External  
☐ Aggressive environment  
☐ Custom

Factor na: 0,95

Ok Cancel Propose FRP system to Seismosoft

### Definizione dei fogli di FRP – opzione di selezione da elenco


Quando gli utenti scelgono di specificare valori definiti dall'utente, le informazioni richieste includono: il tipo di foglio FRP (fibre di Carbonio, Aramide, Vetro, Basalto o Acciaio), le sue proprietà in laminato o secco, il numero di direzioni delle fibre e il loro orientamento rispetto alla direzione longitudinale del foglio, nonché la configurazione dell'avvolgimento attorno all'elemento esistente. Gli utenti devono inoltre definire se l'avvolgimento FRP è continuo oppure specificare l'interasse tra i tessuti e la larghezza del tessuto, il numero di strati, e il raggio di arrotondamento degli spigoli R.

### Definizione dei fogli di FRP – opzione “valori personalizzati”

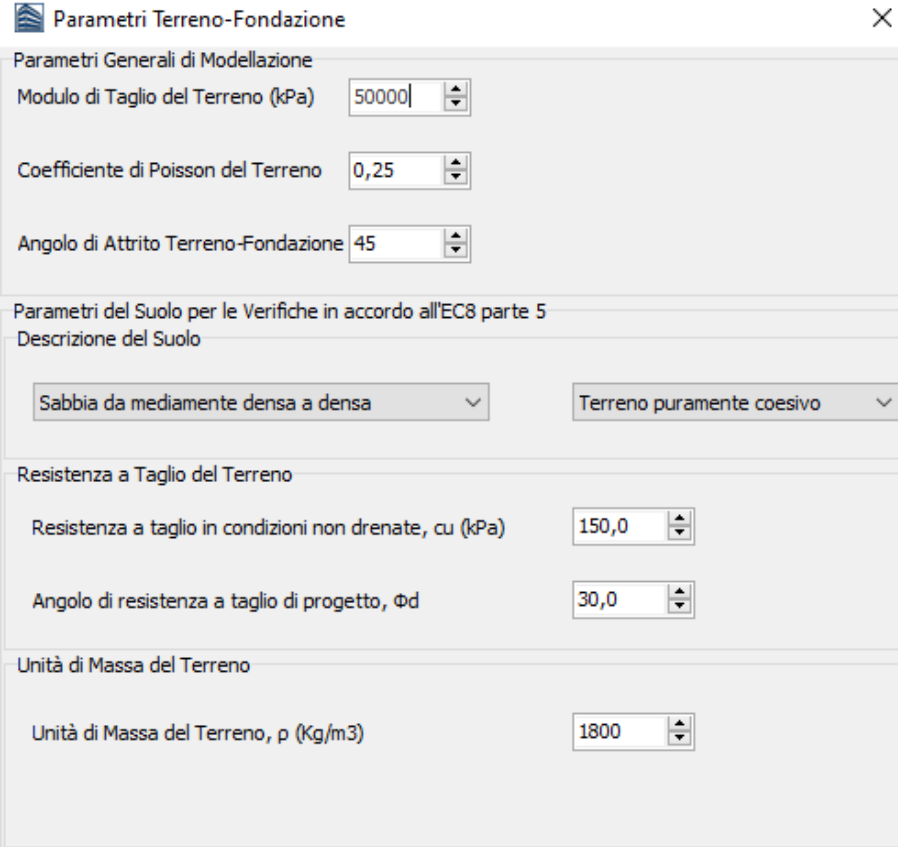
Infine, tramite il pulsante “*Proponi un sistema FRP a Seismosoft*” è possibile proporre sistemi FRP da includere nella prossima release del programma. In questo caso all’utente viene chiesto di assegnare il nome al sistema FRP, di fornire il collegamento alle informazioni riguardanti il prodotto e le caratteristiche tecniche del foglio di FRP.

**Finestra di dialogo per la proposta di sistemi FRP**

## Parametri del Terreno di Fondazione

Quando si lavora in modalità Fondazione, l'utente può definire i parametri del Terreno di Fondazione. Dopo aver selezionato il pulsante  sulla barra degli strumenti principale, compariranno i parametri del Terreno di Fondazione, in cui è possibile definire esplicitamente le seguenti proprietà:

- (1) Parametri generali di modellazione
  - Modulo di Taglio del Terreno
  - Rapporto di Poisson del Terreno
  - Angolo di attrito interno del Terreno
- (2) Parametri del suolo per le verifiche da normativa basate sul codice normativo EC8 parte 5 (cioè assunte in Eurocodice, NTC & KANEPE)
  - Descrizione del suolo
  - Parametri di resistenza a taglio del terreno che includono:
    - a. la resistenza a taglio non drenata,  $c_u$ , e
    - b. l'angolo di progetto della resistenza a taglio,  $\Phi_d$
  - Massa unitaria del suolo



**Parametri Terreno-Fondazione** [X]

**Parametri Generali di Modellazione**

Modulo di Taglio del Terreno (kPa)

Coefficiente di Poisson del Terreno

Angolo di Attrito Terreno-Fondazione

---

**Parametri del Suolo per le Verifiche in accordo all'EC8 parte 5**

**Descrizione del Suolo**

---

**Resistenza a Taglio del Terreno**

Resistenza a taglio in condizioni non drenate,  $c_u$  (kPa)

Angolo di resistenza a taglio di progetto,  $\Phi_d$

---

**Unità di Massa del Terreno**

Unità di Massa del Terreno,  $\rho$  (Kg/m<sup>3</sup>)

**Finestra in cui vanno definiti i Parametri del Terreno di Fondazione**



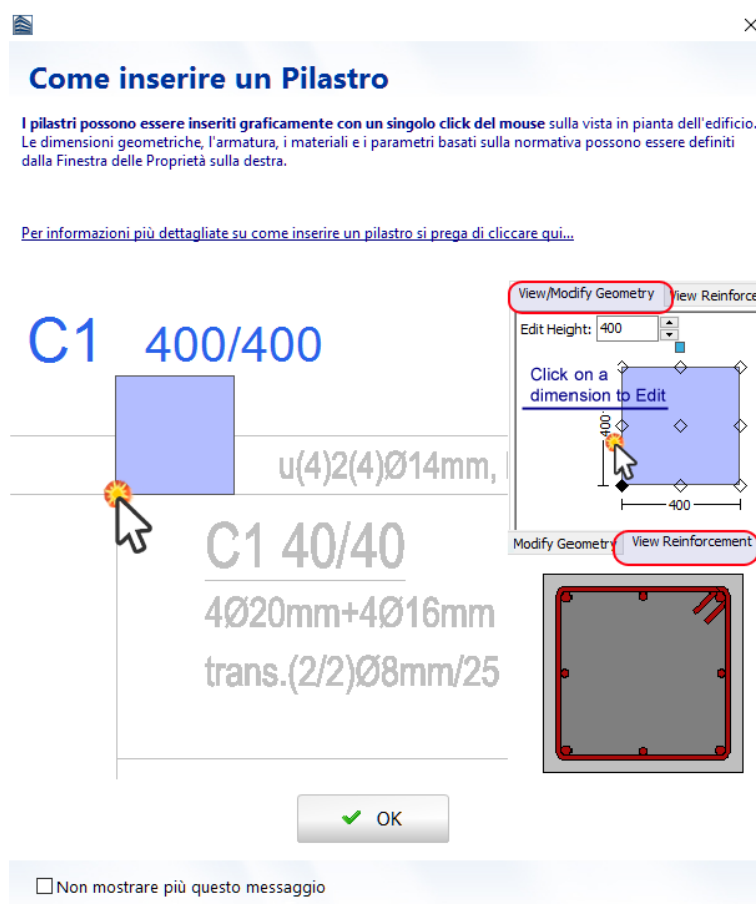
## Pilastri

I pilastri possono essere inseriti dal menu principale (*Inserisci > ...*) oppure tramite i corrispondenti pulsanti della barra degli strumenti. Una volta che appare la Finestra delle Proprietà del pilastro, è possibile definire esplicitamente le proprietà elencate nel seguito:

- Geometria, cioè dimensioni della sezione (altezza e larghezza),
- Condizioni al contorno, ovvero se il pilastro presenta *Intera lunghezza* o *Lunghezza libera* (assegnando, in quest'ultimo caso, la differenza di lunghezza) e il livello superiore di fondazione
- Materiali
- Armatura
- Incamiciatura (definendo se è presente e su quant lati)
- Isolatore
- Fasciatura in FRP
- Modellazione avanzata, in cui è possibile assegnare le proprietà avanzate dell' elemento, nonché i parametri di modellazione

I pilastri possono essere inseriti nel progetto con un semplice click del mouse.

Una volta selezionato il comando *Inserisci un Pilastro*, apparirà un messaggio informativo che fornisce le informazioni riassuntive di come inserire un pilastro.



**Finestra di dialogo per l'inserimento di un pilastro**

Attualmente sono disponibili tredici tipi di sezioni in SeismoBuild:

- Pilastro rettangolare
- Pilastro ad L
- Pilastro a T
- Pilastro circolare
- Pilastro rettangolare incamiciato
- Pilastro rettangolare incamiciato su 3 lati
- Pilastro rettangolare incamiciato su 2 lati
- Pilastro rettangolare incamiciato su 1 lato
- Pilastro ad L incamiciato
- Pilastro ad L incamiciato su 3 lati
- Pilastro a T incamiciato
- Pilastro a T incamiciato su 3 lati
- Pilastro circolare incamiciato

Per una discussione completa sull'inserimento dei pilastri all'interno del Modellatore Edifici, si prega di far riferimento all'Appendice D – Inserimento degli Elementi Strutturali.

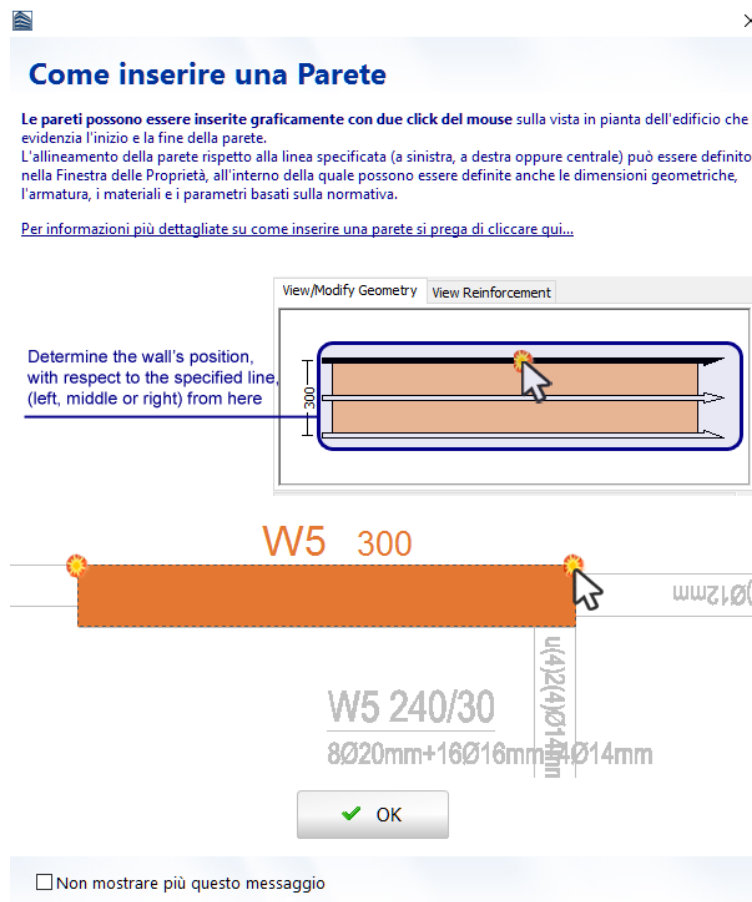
### Pareti strutturali

Le pareti strutturali possono essere inserite dal menu principale (*Inserisci > ...*) oppure tramite i corrispondenti pulsanti della barra degli strumenti. Una volta che appare la Finestra delle Proprietà della parete, è possibile definire esplicitamente le sue proprietà in maniera del tutto analoga ai pilastri. Le pareti possono essere inserite nel progetto definendo le estremità; pertanto sono necessari solamente due click del mouse.

Attualmente in SeismoBuild sono disponibili le seguenti tipologie di pareti:


- Parete
- Parete composta

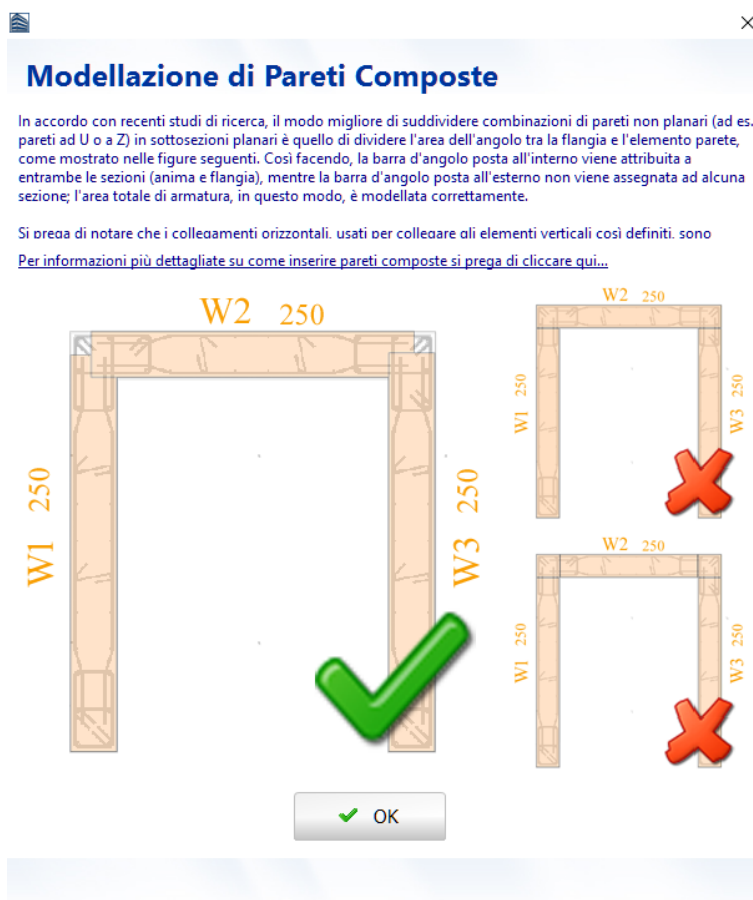
Una volta selezionato il comando *Inserisci Parete*, apparirà un messaggio informativo che fornisce le informazioni riassuntive di come inserire una parete.



#### Finestra di dialogo per l'inserimento di una parete

Per una discussione completa sull'inserimento delle pareti all'interno del Modellatore Edifici, si prega di far riferimento all'Appendice D – Inserimento degli Elementi Strutturali.

Se viene selezionato il pulsante della barra degli strumenti *Inserisci Parete Composta* , appare una finestra informativa che propone il modo migliore per inserire sezioni di pareti composte. In accordo con studi recenti (Beyer K., Dazio A., and Priestley M.J.N. [2008]), il modo migliore di suddividere sistemi di pareti non planari, ad esempio pareti a forma di U o di Z, in sottosezioni planari è quello di suddividere l'area d'angolo tra la flangia e le pareti. In questo modo la barra d'armatura che si trova nella parte interna dell'angolo viene attribuita sia alla sezione d'anima che a quella di flangia, mentre la barra esterna non viene assegnata ad alcuna sezione; l'area totale di armatura viene così modellata correttamente.



#### Messaggio sulla modellazione dei sistemi di pareti

**NOTA:** Per collegare gli elementi verticali definiti, il programma assegna automaticamente i link orizzontali.

## Travi

Le travi possono essere inserite dal menu principale (*Inserisci > ...*) oppure tramite i corrispondenti pulsanti della barra degli strumenti. Per una corretta definizione della trave è necessario specificare numerosi parametri aggiuntivi, in aggiunta di quelli già forniti per i pilastri, ossia se si tratta di una trave inclinata (in questo caso dovrebbe essere specificata l'altezza di entrambe le estremità), il carico permanente aggiuntivo e l'armatura in tre sezioni d'integrazione della trave (al centro e alle due estremità). Le travi possono essere inserite nel progetto definendo, con due click del mouse, le sue estremità. Dopo aver assegnato le travi e i solai, può essere effettuata la scelta di includere o meno la larghezza effettiva e di personalizzare il suo valore, così come quella di specificare se le travi saranno rovesce.

Al momento in SeismoBuild sono disponibili quattro tipologie di travi:

- Trave
- Trave incamiciata
- Trave incamiciata su 3 lati
- Trave incamiciata su 1 lato

Una volta selezionato il comando *Inserisci Trave*, apparirà un messaggio informativo che fornisce le informazioni riassuntive di come inserire una trave.



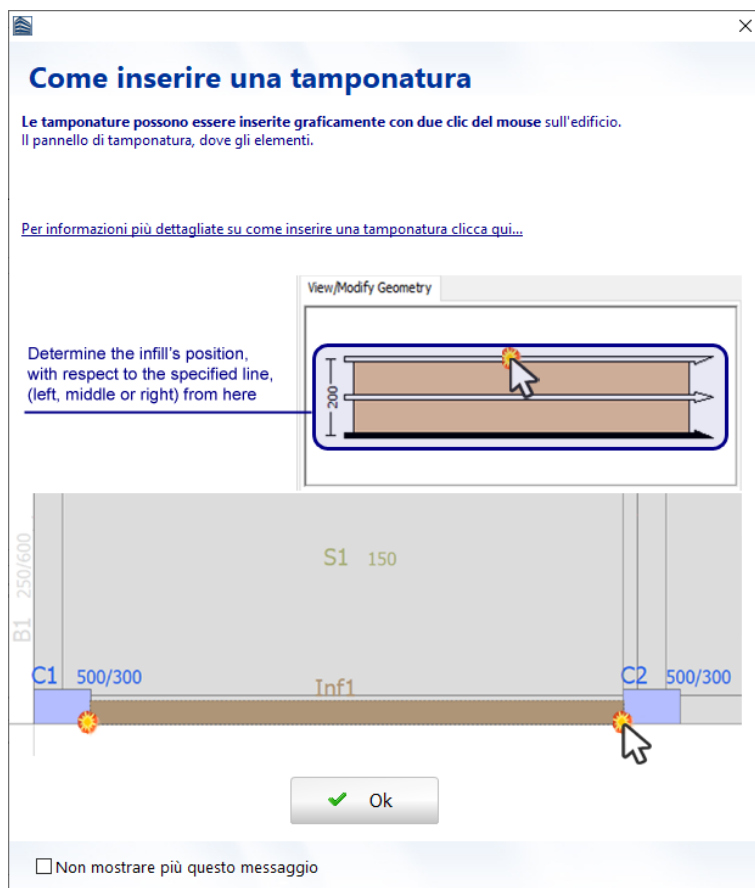
**Finestra di dialogo per l'inserimento di una trave**

Per una discussione completa sull'inserimento delle travi all'interno del Modellatore Edifici, si prega di far riferimento all'Appendice D – Inserimento degli Elementi Strutturali.

## Tamponature

Le tamponature possono essere inserite dal menu principale (*Inserisci >...*) o tramite il relativo pulsante della barra degli strumenti. Occorre specificare i principali parametri che influiscono sulla resistenza dell'elemento, ovvero le principali caratteristiche geometriche (percentuale di aperture e altezza) e meccaniche dei mattoni e della malta (dimensioni del mattone, spessore della malta, resistenza a compressione del mattone, resistenza a compressione della malta), nonché la percentuale di aperture sulla parete e il peso specifico della parete.

Una volta selezionato il comando *Inserisci tamponatura*, viene visualizzato un messaggio informativo che fornisce brevi informazioni su come inserire un pannello di tamponamento.



**Finestra di dialogo per l'inserimento di una tamponatura**

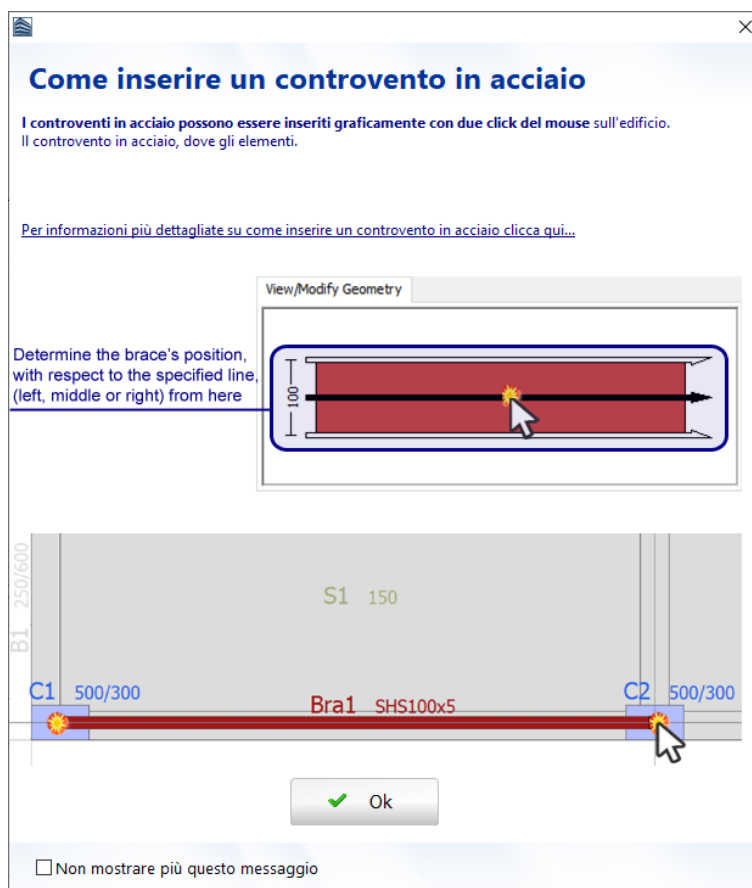
Per una discussione completa sull'inserimento dei pannelli di tamponamento all'interno del *Modellatore Edifici*, si prega di far riferimento all'Appendice D – Inserimento degli Elementi Strutturali.

## Controventi in acciaio

I controventi in acciaio possono essere inseriti dal menu principale (*Inserisci >...*) o tramite i corrispondenti pulsanti della barra degli strumenti. Apparirà la finestra delle proprietà in cui è possibile definire le seguenti proprietà:

- Geometria, ossia a) il tipo di controvento (attualmente sono supportati i seguenti tipi: (i) controvento a X con diagonali collegati, (ii) controvento a X con diagonali disconnessi, (iii) singolo diagonale e (iv) diagonale singolo invertito, (v) controvento a V e (vi) a V invertito (controvento di tipo Chevron)) e b) il tipo di sezione in acciaio
- Materiali, nello specifico la resistenza a snervamento dell'acciaio per controventi
- Modellazione avanzata, in cui è possibile assegnare i) la classificazione dell'elemento (primario o secondario), ii) il collegamento al telaio esistente (completamente fissato o incernierato), nonché iii) i parametri di modellazione

Una volta selezionato il comando *Inserisci controvento in acciaio*, viene visualizzato un messaggio informativo che fornisce brevi informazioni su come inserire il rinforzo.



**Finestra di dialogo per l'inserimento di un controvento in acciaio**

Per una discussione completa sull'inserimento dei controventi in acciaio all'interno del *Modellatore Edifici*, si prega di far riferimento all'Appendice D – Inserimento degli Elementi Strutturali.

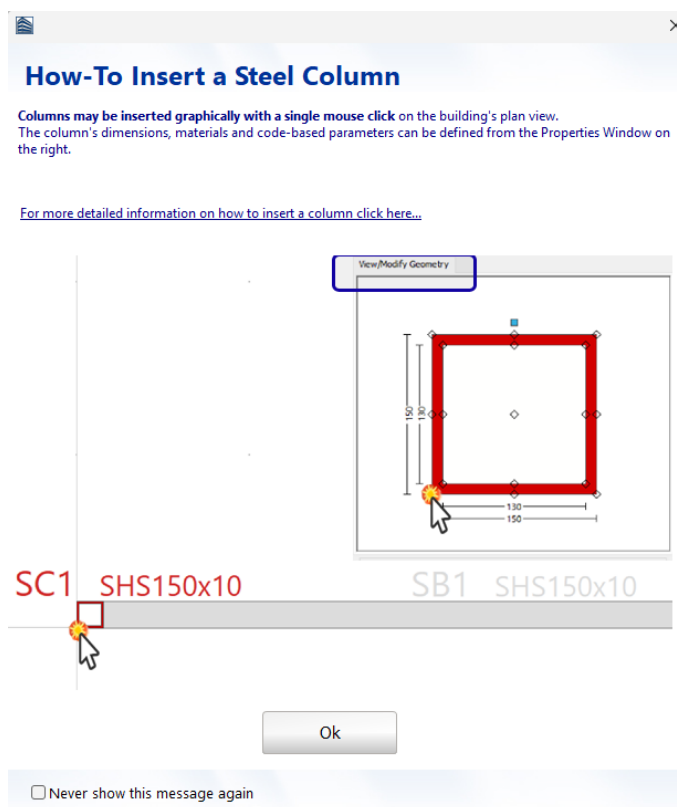
## Colonna in acciaio

Le colonne in acciaio possono essere inserite dal menu principale (Inserisci > ...) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti. Si aprirà la Finestra delle Proprietà della colonna in acciaio, nella quale è possibile definire esplicitamente le seguenti proprietà:

- (i) Geometria, cioè la sezione in acciaio da utilizzare
- (ii) Condizioni al contorno, ovvero se l'elemento è a lunghezza completa o a lunghezza libera, assegnando in questo caso la differenza di lunghezza e il livello di fondazione
- (iii) Materiali
- (iv) Carichi
- (v) Isolatore
- (vii) Modellazione Avanzata

Gli elementi colonna in acciaio possono essere inseriti nel progetto con un singolo clic del mouse.

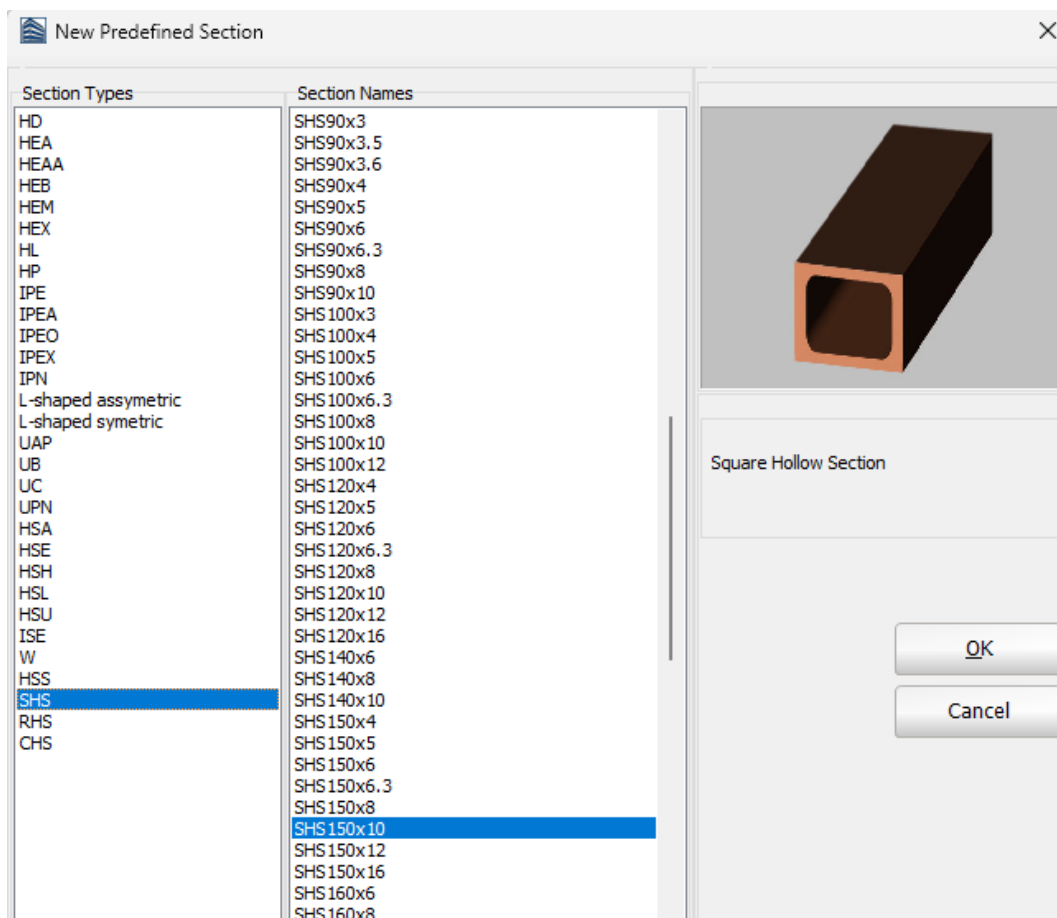
Una volta selezionato il comando Inserisci una Colonna in Acciaio, compare un messaggio informativo che fornisce brevi indicazioni su come inserire una colonna in acciaio.



**Finestra "How-To: Inserire una Colonna in Acciaio"**

È disponibile un database delle sezioni in acciaio più comuni (ad es. HEA, HEB, IPE, ecc.), nonché delle sezioni W e HSS.





Per una descrizione completa sull'inserimento delle colonne in acciaio nel Building Modeller, fare riferimento all'Appendice D – Inserimento degli Elementi Strutturali. Per una descrizione completa sull'inserimento delle colonne in acciaio nel Building Modeller, fare riferimento all'Appendice D – Inserimento degli Elementi Strutturali.

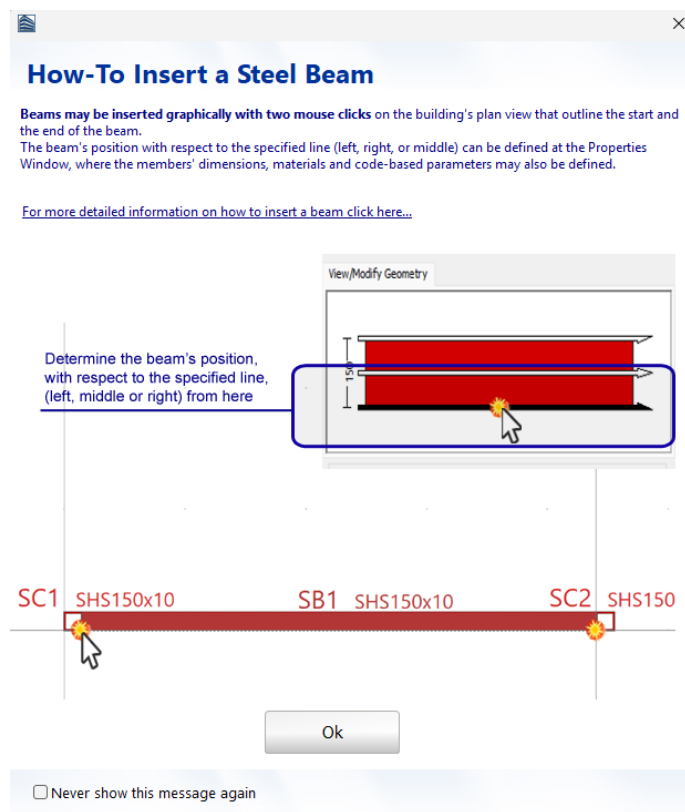
### Trave in acciaio

Le travi in acciaio possono essere inserite dal menu principale (Inserisci > ...) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti. Si aprirà la Finestra delle Proprietà della trave in acciaio, nella quale è possibile definire esplicitamente le seguenti proprietà:

- (i) Geometria, cioè la sezione in acciaio da utilizzare
- (ii) Materiali
- (iii) Carichi
- (vii) Modellazione Avanzata

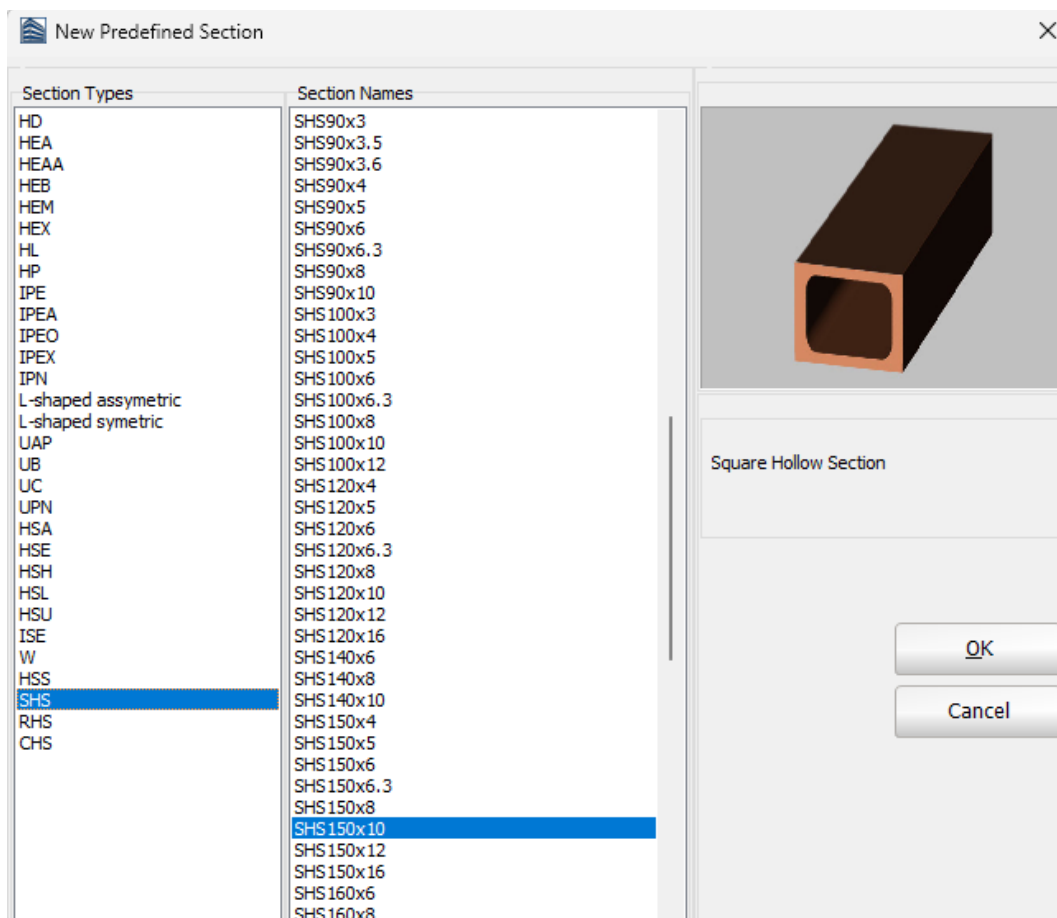
Gli elementi trave in acciaio possono essere inseriti nel progetto definendone gli estremi con due clic del mouse.

Una volta selezionato il comando Inserisci una Trave in Acciaio, compare un messaggio informativo che fornisce brevi indicazioni su come inserire una trave in acciaio.




#### Finestra "How-To: Inserire una Trave in Acciaio"

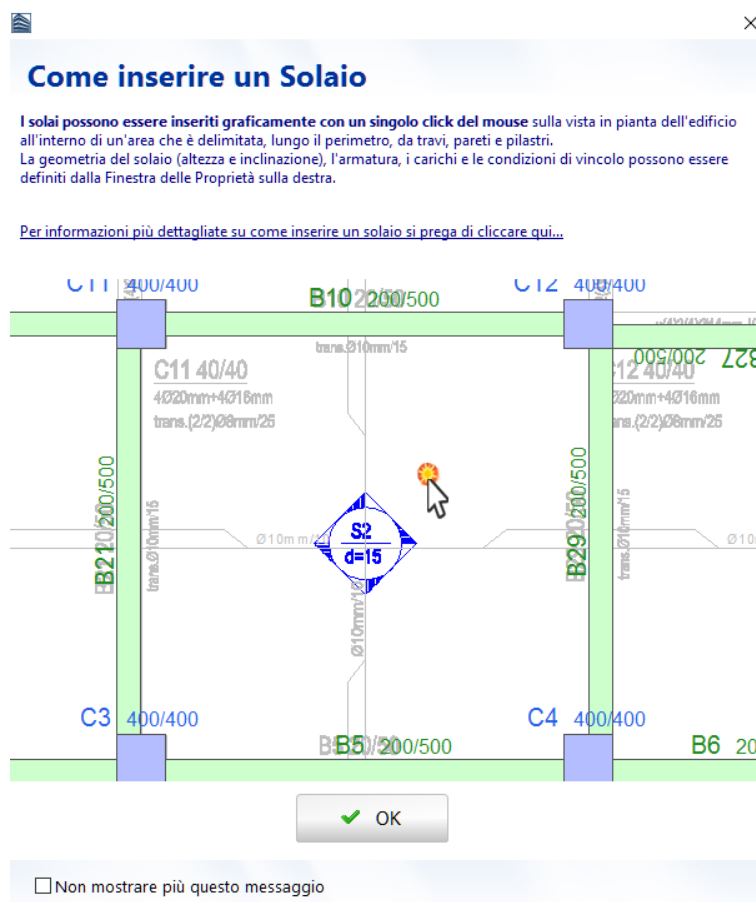
È disponibile un database delle sezioni in acciaio più comuni (ad es. HEA, HEB, IPE, ecc.), nonché delle sezioni W e HSS.



Per una descrizione completa sull'inserimento delle travi in acciaio nel Building Modeller, fare riferimento all'Appendice D – Inserimento degli Elementi Strutturali.

## Solai

L'inserimento dei solai può essere effettuato attraverso il menu (*Inserisci > Solaio*) oppure cliccando il pulsante della barra degli strumenti . Prima dell'inserimento di un solaio appare un messaggio informativo che fornisce una breve descrizione su come inserire un solaio.



### Finestra di dialogo per l'inserimento di un solaio

Un solaio può essere definito con un semplice click del mouse su una qualsiasi area delimitata da elementi strutturali (pilastri, pareti e travi).

Nella Finestra delle Proprietà del solaio gli utenti possono assegnare (i) l'altezza della sezione, (ii) se verrà modellato come diaframma rigido, (iii) l'armatura e la sua rotazione rispetto agli assi X e Y, e (iv) il peso proprio e i carichi permanenti aggiuntivi, nonché quelli variabili. Il peso proprio del solaio può essere calcolato automaticamente e incluso nel modello strutturale o essere definito dall'utente. I carichi variabili del solaio vengono automaticamente assegnati dal programma in seguito ad una appropriata selezione, da parte dell'utente, del tipo di area caricata.

**S 1** ?

Height 150

Edges:

**Support Conditions**

☒ Model as a Rigid Diaphragm

**Reinforcement**

Angle(°) betw. slab local axes X'-Y' and global axes X-Y 4

Lower reinforcement at midspan:

Along local X' axis: 10mm / 10 cm

Along local Y' axis: 10mm / 10 cm

**Loads**

Permanent Loads (G, G') and Live Loads (Q):

G (kN/m<sup>2</sup>) 3,60 ☒ Automatic Calculation

G' (kN/m<sup>2</sup>) 1,50

Q (kN/m<sup>2</sup>) 2,00 Type of Loaded Area

S (kN/m<sup>2</sup>) 0,00 (required only by ASCE 41-23 and TBDY)

**Slab Elevation / Inclination**

Finestra di dialogo delle proprietà del solaio

**Categorie delle Aree di Carico**

Categoria A, Ambienti ad uso residenziale, Generali: 1.5-**2.0** kN/m<sup>2</sup>

Categoria A, Ambienti ad uso residenziale, Scale: **2.0**-4.0 kN/m<sup>2</sup>

Categoria A, Ambienti ad uso residenziale, Balconi: **2.5**-4.0 kN/m<sup>2</sup>

Categoria B, Uffici, Area generica: 2.0-**3.0** kN/m<sup>2</sup>

Categoria C1, Congregazioni di persone, Aree con tavoli: 2.0-**3.0** kN/m<sup>2</sup>

Categoria C2, Congregazioni di persone, Aree con posti fissi: 3.0-**4.0** kN/m<sup>2</sup>

Categoria C3, Congregazioni di persone, Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone: 3.0-**5.0** kN/m<sup>2</sup>

Categoria C4, Congregazioni di persone, Ambienti con possibili attività fisiche: 4.5-**5.0** kN/m<sup>2</sup>

Categoria C5, Congregazioni di persone, Ambienti suscettibili di grandi affollamenti: **5.0**-7.5 kN/m<sup>2</sup>

Categoria D1, Ambienti ad uso commerciale, Negozi: **4.0**-5.0 kN/m<sup>2</sup>

Categoria D2, Ambienti ad uso commerciale, Grandi magazzini, ecc.: 4.0-**5.0** kN/m<sup>2</sup>

Categoria E1, Magazzini e ambienti ad uso industriale, Ambienti suscettibili all'accumulo di beni: **7.5** kN/m<sup>2</sup>

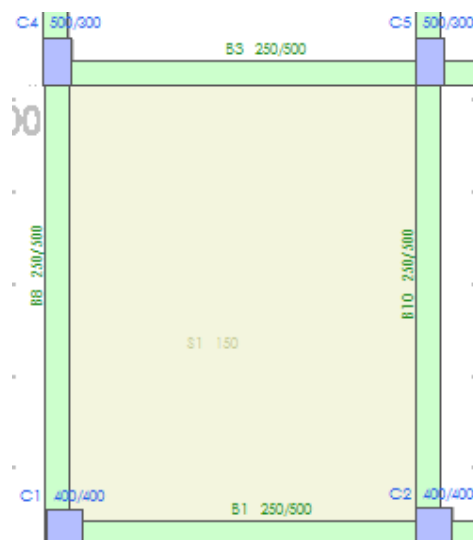
Categoria E2, Magazzini e ambienti ad uso industriale, Uso industriale: Sulla base della destinazione d'uso (**7.5**) kN/m<sup>2</sup>

Categoria F, Rimesse e parcheggi per veicoli leggeri: 1.5-**2.5** kN/m<sup>2</sup>

I valori in grassetto sono i valori di default/selezionati

2.00

Tipologie di area caricata



### Inserimento del solaio

Dopo aver definito un solaio, gli utenti possono modificare le sue condizioni di supporto, specificando a quali travi i carichi devono essere distribuiti.

Estremità:

C5  
B5: Sostenuito  
C2  
C3  
B1: Sostenuito  
C3  
B8: Sostenuito  
C6  
B2: Sostenuito

**Condizioni di supporto**

Premi sulla trave per modificare le condizioni di supporto

### Condizioni di supporto del solaio

Inoltre, può essere modificata l'inclinazione del solaio, specificando l'altezza del solaio in tre punti selezionabili graficamente. L'elevazione delle travi adiacenti e le altezze dei rispettivi pilastri vengono regolate automaticamente e, se richiesto, i pilastri vengono suddivisi dal programma in elementi più corti (cioè nei casi in cui due o più travi sono supportate a diverse quote dallo stesso pilastro, creando, così, pilastri tozzi).

**Inclinazione Solaio**

☒ Solaio inclinato o rialzato (definito da 3 punti)

Selezione Grafica ☐ Point 1 ☐ Point 2 ☒ Point 3


X1/Y1/Z1:	6977	1700	3000
X2/Y2/Z2:	12137	1419	4000
X3/Y3/Z3:	11923	5775	4000

### Inclinazione del solaio

**NOTA 1:** La modellazione delle solette viene, per impostazione predefinita, eseguita utilizzando diaframmi rigidi; pertanto, nella configurazione strutturale si assume una soletta rigida, che riflette il comportamento tipico della grande maggioranza degli edifici in c.a. È inoltre disponibile l'opzione per escludere l'ipotesi di diaframma rigido, deselegzionando la relativa casella. L'armatura del solaio è applicata alla larghezza effettiva delle travi poste lungo il perimetro del solaio. Ovviamente, quando gli utenti selezionano di non includere la larghezza effettiva nella modellazione, tali impostazioni riguardanti l'armatura diventano ridondanti.

**NOTA 2:** La modellazione del solaio viene effettuata per mezzo di diaframmi rigidi, quindi nella configurazione strutturale viene implicitamente considerato un solaio rigido (modellazione appropriata per la stragrande maggioranza degli edifici in cemento armato). I carichi del solaio (peso proprio, carichi gravitazionali aggiuntivi e carichi variabili moltiplicati per i corrispettivi coefficienti nel modulo Impostazioni del Modellatore Edifici di SeismoStruct) vengono trasformati in masse, in base al valore di 'g' e applicati direttamente alle travi che sostengono il solaio.

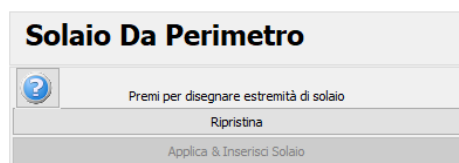
### Solaio da perimetro

Possono essere definiti solai di qualsiasi geometria nel *Modellatore Edifici* selezionando dal menu *Inserisci > Inserisci Solaio da perimetro* (o attraverso il rispettivo comando nella barra strumenti ). Una volta selezionato il comando apparirà un messaggio informativo che fornirà le informazioni riassuntive su come inserire un Solaio da perimetro.



### Come inserire un Solaio tramite il suo perimetro

Dopo aver definito il perimetro del solaio identificando i suoi angoli, si potrà selezionare il comando *"Applica & Inserisci Solaio"*. Il solaio risulterà automaticamente assegnato.




### Disegna Solaio da perimetro

**NOTA 1:** I solai modellati in SeismoBuild come diaframmi rigidi che collegano le travi, i pilastri e le pareti lungo il loro perimetro e come carichi aggiuntivi applicati alle travi. Ovviamente, nel caso di solai a sbalzo non viene creato nessun diaframma rigido e il solaio è considerato solo come massa aggiuntiva per la trave che lo sorregge; vengono considerati i carichi permanenti e accidentali nel calcolo della massa aggiuntiva.

**NOTA 2:** Nel caso in cui il perimetro non definisca un'area chiusa, il primo punto viene automaticamente collegato all'ultimo al fine di assegnare il nuovo solaio.

### Estremità Solaio

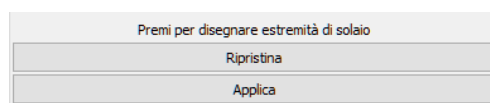
Il Modellatore Edifici è in grado di modellare anche solai a sbalzo. Per fare ciò deve essere aggiunto un Estremo Libero dal menu principale (*Inserisci > Estremità Solaio & Sbalzi...*) oppure tramite il rispettivo pulsante della barra degli strumenti . Appare un messaggio informativo che fornisce una breve descrizione su come inserire un estremo libero.



**Finestra di dialogo per l'inserimento di un estremo libero**

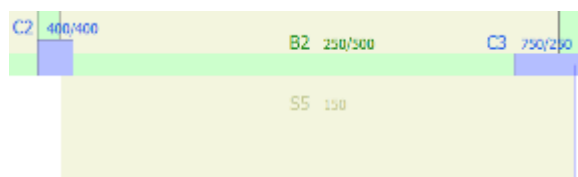


Dopo aver definito i punti dell'estremo libero, deve essere premuto il pulsante *Applica*. Una volta disegnato, l'Estremo Libero viene utilizzato per delineare la forma del solaio.



### Come disegnare un Estremo Libero


Dopo l'assegnazione degli estremi liberi necessari per definire un'area chiusa gli utenti possono inserire un nuovo solaio.



### Creazione di un nuovo solaio a sbalzo

**NOTA:** I solai sono modellati in SeismoBuild come diaframmi rigidi che collegano le travi, i pilastri e le pareti strutturali sul loro perimetro e come carichi aggiuntivi applicati alle travi. Ovviamente, nel caso di solai a sbalzo non viene creato alcun diaframma e il solaio viene considerato solamente in termini di massa aggiuntiva che incide sulla trave di supporto; la massa aggiuntiva tiene conto sia dei carichi permanenti che di quelli variabili del solaio.

## Scale

L'inserimento delle scale può essere effettuato attraverso il menu (*Inserisci > Scale*) oppure cliccando il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Appare un messaggio informativo che fornisce una breve descrizione su come inserire le scale.

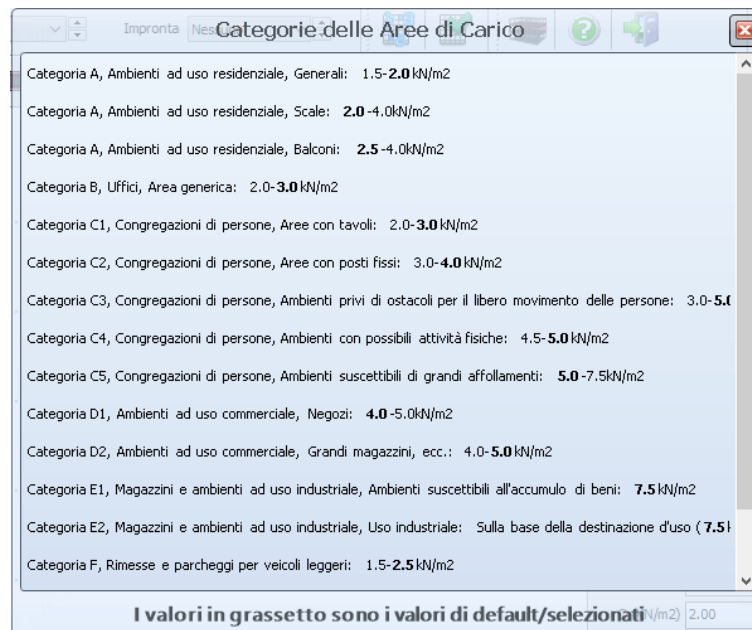


### Finestra di dialogo per l'inserimento delle scale

Le scale possono essere facilmente definite specificando la loro linea di mezzeria. Una volta inserita l'elemento 'scala' nel progetto, attraverso il pulsante "Aggiungi pianerottoli" è possibile definire i punti di "sbarco". A tal proposito è necessario specificare graficamente le due estremità del pianerottolo sulla linea centrale. I pianerottoli così definiti possono essere rimossi tramite il pulsante "Rimuovi tutti i pianerottoli".

Nella Finestra delle Proprietà gli utenti, in aggiunta, possono definire la larghezza della scala, l'alzata degli scalini, la profondità minima della scala, la differenza di quota tra la base e il livello dell'ultimo piano, così come il peso proprio, i carichi permanenti aggiuntivi e i carichi variabili e da neve; l'ultimo è richiesto solamente della normativa ASCE 41-23 e TBDY. Il peso proprio della scala può essere calcolato automaticamente coerentemente con la geometria, i materiali e il peso specifico oppure può essere definito dall'utente.


## Finestra di dialogo delle Proprietà delle Scale

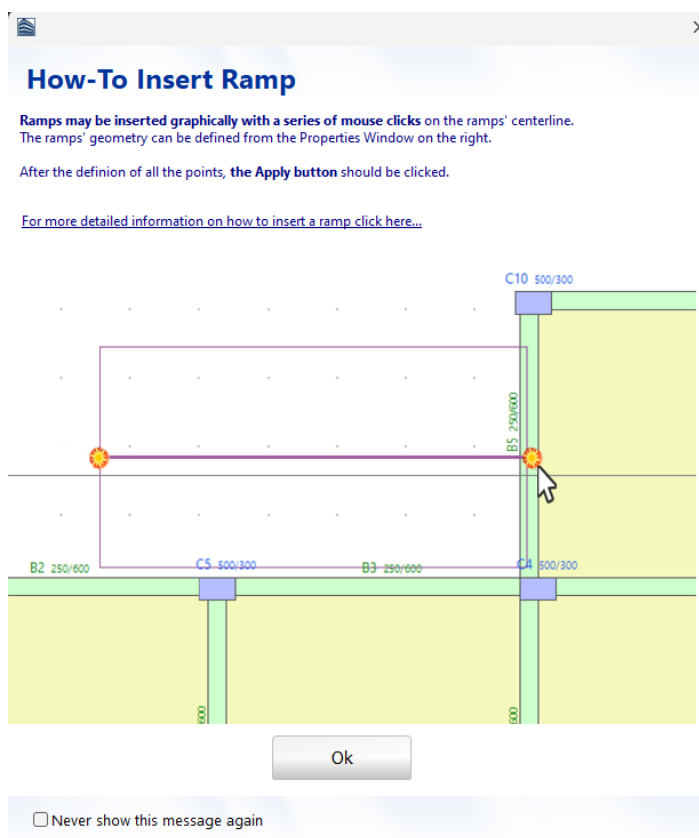


## Tipologie di area caricata

**NOTA:** In SeismoBuild le scale sono modellate tramite l'utilizzo di elementi elastici di larghezza e profondità specificata.

## Rampe

L'inserimento delle rampe può essere effettuato tramite il menu (*Inserisci > Rampa*) oppure cliccando sul pulsante della barra degli strumenti . Compare un messaggio informativo che fornisce brevi istruzioni su come inserire una rampa.

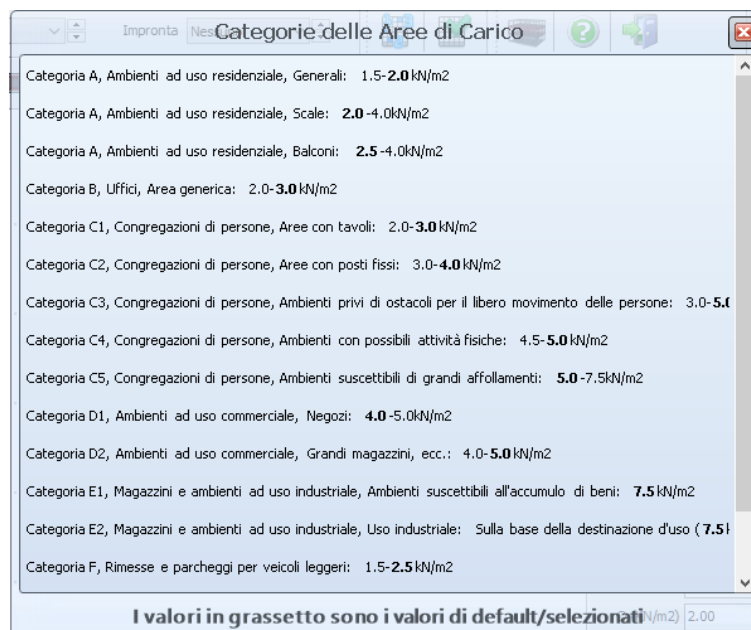


**Finestra di dialogo per l'inserimento delle rampe**

Le rampe possono essere facilmente definite specificando la loro linea di mezzzeria. Una volta inserita l'elemento 'rampa' nel progetto, attraverso il pulsante *"Aggiungi pianerottoli"* è possibile definire i punti di "sbarco". A tal proposito è necessario specificare graficamente le due estremità del pianerottolo sulla linea centrale. I pianerottoli così definiti possono essere rimossi tramite il pulsante *"Rimuovi tutti i pianerottoli"*.

Nella Finestra delle Proprietà gli utenti, in aggiunta, possono definire la larghezza della rampa, l'altezza, la differenza di quota tra la base e il livello dell'ultimo piano, così come il peso proprio, i carichi permanenti aggiuntivi e i carichi variabili e da neve; l'ultimo è richiesto solamente della normativa ASCE 41-23 e TBDY. Il peso proprio della rampa può essere calcolato automaticamente coerentemente con la geometria, i materiali e il peso specifico oppure può essere definito dall'utente.

### Finestra di dialogo delle Proprietà delle Rampe





### Tipologie di area caricata

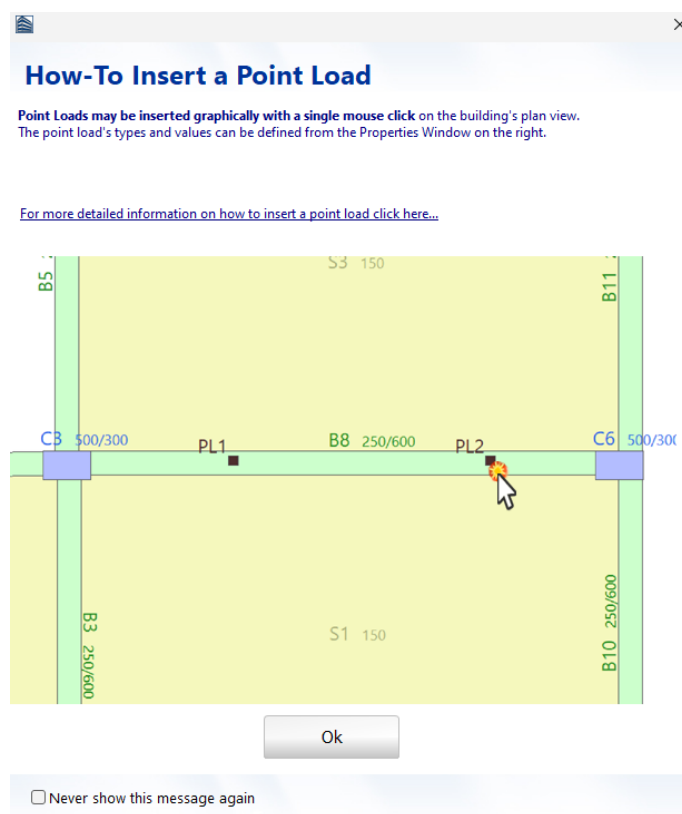
**NOTE:** In SeismoBuild le rampe sono modellate tramite l'utilizzo di elementi elastici di larghezza e profondità specificata..

## INSERIRE I CARICHI

In SeismoBuild, i carichi vengono definiti in tre modi: (i) trasformazione automatica delle masse in carichi: i carichi vengono calcolati automaticamente dal programma, trasformando le masse dei membri strutturali in carichi, basati sul valore di  $g$  (accelerazione gravitazionale), (ii) finestra delle Proprietà dei Membri: i carichi possono essere definiti nelle finestre delle proprietà di Colonne, Muri, Travetti, Solai, Scale e Rampe. Gli utenti possono definire carichi uniformemente distribuiti, carichi concentrati, e forze o momenti in direzioni specifiche. Per maggiori dettagli su questo metodo, gli utenti possono consultare la descrizione del membro corrispondente o (iii) inserimento manuale dei carichi: i carichi possono essere inseriti manualmente cliccando sui pulsanti Inserisci Carico Puntuale o Inserisci Carico Lineare. Per ulteriori dettagli sul secondo metodo, gli utenti possono consultare la descrizione del membro specifico.

### Carichi Puntuali

Sono disponibili due tipi di carichi puntuali. Carichi puntuali sui solai, che possono essere inseriti dal menu (Inserisci > Carico Puntuale su Solai) o tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Carichi puntuali sugli Elementi Strutturali, applicabili su travi, colonne e muri, che possono essere inseriti dal menu (Inserisci > Carico Puntuale su Elementi Strutturali) o tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti .



#### Finestra di dialogo per l'inserimento di un Carico Puntuale

I carichi puntuali sui solai possono essere inseriti solo nella direzione della gravità, mentre i carichi puntuali sugli elementi strutturali (travi, colonne, muri) possono essere inseriti in ogni direzione, ovvero X, Y, Z, RX, RY e RZ. I carichi permanenti, variabili e di neve possono essere assegnati in entrambe le tipologie di carico puntuale.

**Finestra delle Proprietà del Carico Puntuale sugli Elementi Strutturali**

**Finestra delle Proprietà del Carico Puntuale sui Solai**

Dopo aver definito tutte le proprietà del carico puntuale, il nuovo carico puntuale può essere aggiunto graficamente con un semplice clic del mouse sulla vista planimetrica dell'edificio.


Dopo l'inserimento del carico puntuale, le coordinate del punto applicato e il suo valore possono essere modificati direttamente dalla sua Finestra delle Proprietà.

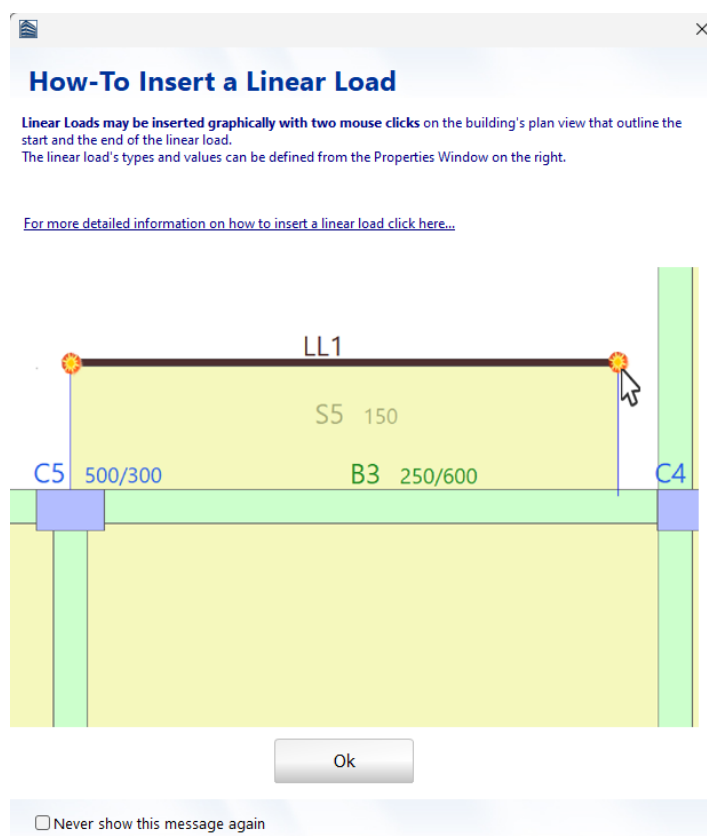
**NOTE 1:** Quando un carico puntuale viene assegnato a una trave, la trave viene automaticamente suddivisa, creando due membri separati. Se il carico puntuale è posizionato vicino all'inizio o alla fine della trave, viene automaticamente applicato all'estremità della trave..

**NOTE 2:** Quando un carico puntuale viene assegnato a un pilastro o a una parete, viene automaticamente applicato all'estremità superiore del pilastro/della parete, al livello del solaio. .

**NOTE 3:** I carichi puntuali sui solai vengono trasformati in masse, basandosi sul valore di g, e vengono applicati direttamente alla trave di supporto più vicina, in base alla discretizzazione del solaio..

## Carichi Lineari

I carichi lineari possono essere inseriti dal menu (Inserisci > Carico Lineare) o tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Un messaggio informativo appare fornendo brevi indicazioni su come inserire il carico lineare.



### Finestra Come Inserire un Carico Lineare

I carichi lineari possono essere inseriti nella vista planimetrica su ogni membro in cemento armato e vengono applicati nella direzione della gravità. È possibile assegnare carichi permanenti, variabili e di neve.



**Finestra delle Proprietà del Carico Lineare**

Dopo aver definito tutte le proprietà del carico lineare, il nuovo carico lineare può essere aggiunto graficamente con due clic del mouse sulla vista planimetrica dell'edificio, indicando l'inizio e la fine del carico lineare.


Dopo l'inserimento del carico lineare, le coordinate del punto di inizio e di fine del carico, così come il suo valore, possono essere modificati direttamente dalla Finestra delle Proprietà.

**NOTE: I carichi lineari vengono trasformati in masse, in base al valore di g, e vengono applicati direttamente all'elemento di supporto più vicino.**

## INSERIRE ELEMENTI DI FONDAZIONE

La fondazione della sovrastruttura può essere modellata introducendo Plinti, Travi Tovesce e Travi di Collegamento. Per attivare la possibilità di inserire elementi di fondazione gli utenti devono selezionare l'opera in Modalità Fondazione invece che in Modalità Sovrastruttura. Quando si lavora in Modalità Fondazione, gli elementi verticali della Sovrastruttura (ad es. Colonne, Muri ecc.) sono visibili in modo che l'utente possa definirne le fondazioni.

### Plinti

I Plinti possono essere inseriti facendo clic sul corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Apparirà la finestra delle Proprietà dei Plinti in cui è possibile definire in modo esplicito le seguenti proprietà:

- (i) Geometria, ovvero le dimensioni (Altezza e larghezza)
- (ii) Materiali
- (iii) Carichi
- (iv) Modellazione Avanzata, che include le proprietà avanzate dell'elemento e i parametri di modellazione.

I singoli elementi di fondazione possono essere inseriti nel progetto con un solo clic del mouse, a condizione che un pilastro già inserito sia interamente racchiuso dalla singola fondazione nella posizione in cui la singola fondazione viene inserita.


Una volta selezionato il comando "Inserisci un Plinto", compare un messaggio informativo che fornisce brevi informazioni su come inserire l'elemento selezionato.



**Finestra relativa al comando "Come inserire un Plinto"**

Per una descrizione completa dell'inserimento di singole fondazioni nel Modellatore Edifici, fare riferimento all'Appendice D - Inserimento di elementi strutturali.

### Travi Rovescce

Le Travi Rovescce possono essere inseriti facendo clic sul corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Apparirà la finestra delle Proprietà delle Travi Rovescce in cui è possibile definire in modo esplicito le seguenti proprietà:

- (i) Geometria, ovvero le dimensioni (Altezza e larghezza)
- (ii) Materiali
- (iii) Carichi
- (iv) Modellazione Avanzata, che include le proprietà avanzate dell'elemento e i parametri di modellazione.

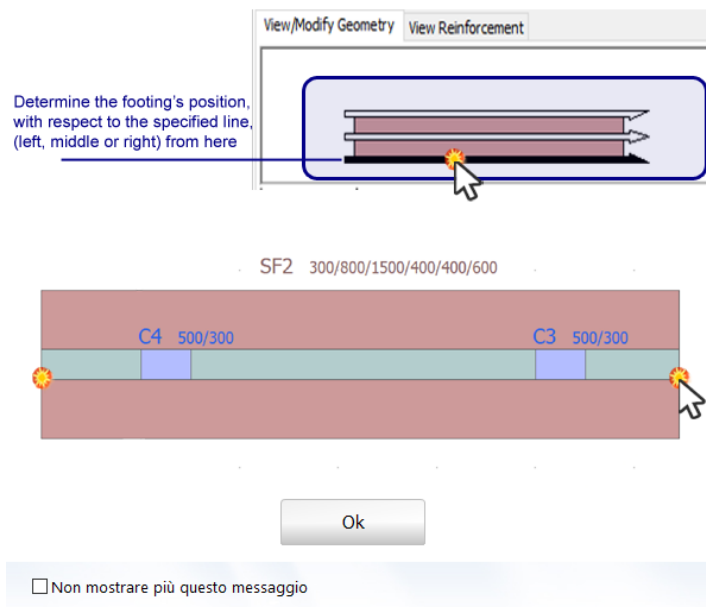
I gli elementi Trave Rovescce possono essere inseriti nel progetto con due clic del mouse, a condizione che un pilastro già inserito sia interamente racchiuso dalla Trave Rovescia.

Una volta selezionato il comando "Inserisci una Trave Rovescia", compare un messaggio informativo che fornisce brevi informazioni su come inserire l'elemento selezionato.

## Come inserire una Fondazione Continua

Le fondazioni continue possono essere inserite graficamente con due click del mouse sulla vista in pianta dell'edificio che delinea l'inizio e la fine della fondazione continua. La posizione della fondazione continua rispetto all'allineamento specificato (sinistra, destra o centro) può essere definito essere definito nella Finestra delle Proprietà, all'interno della quale possono essere definite anche le dimensioni geometriche, l'armatura, i materiali e i parametri basati sulla normativa, potrebbero anche essere


[Per informazioni più dettagliate su come inserire una fondazione continua premere qui...](#)



### Finestra relativa al comando "Come inserire una Trave Rovescia"

Per una descrizione completa dell'inserimento di singole fondazioni nel Modellatore Edifici, fare riferimento all'Appendice D - Inserimento di elementi strutturali.

## Travi di Collegamento

Le Travi di Collegamento possono essere inseriti facendo clic sul corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Apparirà la finestra delle Proprietà delle Travi di Collegamento in cui è possibile definire in modo esplicito le seguenti proprietà:

- (i) Geometria, ovvero le dimensioni (Altezza e larghezza)
- (ii) Materiali
- (iii) Carichi
- (iv) Modellazione Avanzata, che include le proprietà avanzate dell'elemento e i parametri di modellazione.

I gli elementi Trave di Collegamento possono essere inseriti nel progetto con due clic del mouse.





Una volta selezionato il comando "Inserisci una Trave di Collegamento", compare un messaggio informativo che fornisce brevi informazioni su come inserire l'elemento selezionato.



### Finestra relativa al comando "Come inserire una Trave di Collegamento"

Per una descrizione completa dell'inserimento di singole fondazioni nel Modellatore Edifici, fare riferimento all'Appendice D - Inserimento di elementi strutturali.

## STRUMENTI DI MODIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Utilizzando gli strumenti di modifica dal menu principale (*Strumenti >...*) oppure tramite i corrispondenti pulsanti della barra degli strumenti, gli utenti possono selezionare (  ) un elemento strutturale per visualizzare o cambiare le sue proprietà. Inoltre possono spostare l'elemento (  ) in una diversa posizione, ruotarlo in pianta (  ) o eliminarlo (  ).

Si osserva che esistono diverse strade per eliminare gli elementi: (i) premendo sull'elemento, (ii) tramite il suo nome oppure (iii) selezionando un'area rettangolare nella Finestra Principale.

**Elimina tramite selezione rettangolare**
☒ Colonne
 ☒ Pareti
 ☒ Travi
 ☒ Solai
 ☒ Scala
 ☒ Inserisci Estremità Solaio e Sbalzi
 ☒ tamponature
 ☒ Controventi in Acciaio

Elimina


**Elimina tramite ID elemento**

ID: 0

☒ Colonne/Muri
 ☐ Travi
 ☐ Solai
 ☐ Scala
 ☐ tamponature
 ☐ Controventi in Acciaio

Elimina

Finestra di eliminazione di un elemento

L'opzione *Modifica Multipla degli Elementi Strutturali* è disponibile nel menu principale (*Strumenti > Visualizza/Modifica Proprietà degli Elementi*) o attraverso il corrispondente comando nella barra degli strumenti . Gli utenti possono selezionare la selezione multipla degli elementi con lo stesso tipo di sezione e modificare le loro proprietà una volta sola.

**Proprietà degli Elementi**

Visualizza/Seleziona Elementi

Piani: 1° piano
 

Tipologie di Elementi:
 

Pilastri Rettangolari

☒ Dimensioni Sezione
 ☒ Estremo Superiore
 ☒ Estremo Inferiore
 ☒ Schemi di Armatura Longitudinale
 ☒ Armatura Longitudinale Aggiuntiva
 ☒ Schemi di Armatura Trasversale
 ☒ Set di Materiale
 ☒ Tipo di FRP


☒ Proprietà FRP
 ☒ Classificazione
 ☒ Dettagli di tipo antisismico
 ☒ Spessore Copriferro
 ☒ Acciaio Duttile/Fragile
 ☒ Barre Nervate/Lisce
 ☒ Tipologia di Sovrapposizione
 ☒ Lunghezza di Sovrapposizione

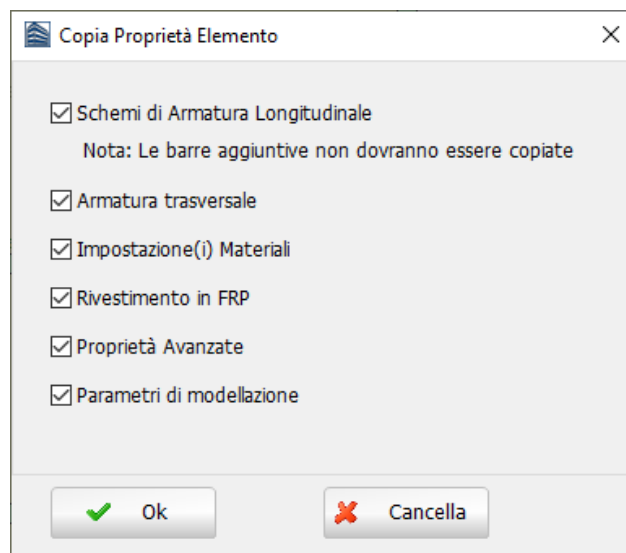
Modifica Selezione
 Selezione tutto
 Deselezione Tutto
 Esporta in PDF

**Proprietà multiple**


Nome Elemento	Piano	Dimensioni Sezione	Estremo Superiore	Estremo Inferiore	Schemi di Armatura Longitudinale			Armatura Longitudinale Aggiuntiva	Schemi d'1
<input type="checkbox"/> C1	1	400 X 400	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(0@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@16mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C2	1	400 X 400	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(0@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@16mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C3	1	400 X 400	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(0@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@16mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C4	1	400 X 400	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(0@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@16mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C5	1	400 X 400	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(0@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@16mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C6	1	400 X 400	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(0@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@16mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C7	1	400 X 400	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(0@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@16mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C8	1	400 X 400	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(0@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@16mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C9	1	400 X 400	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(0@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@16mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C10	1	1000 X 200	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@14mm)	Lat_superiore_inferiore(8@8mm)	Lat_sinistro_destro(4@14mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C11	1	1000 X 200	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@14mm)	Lat_superiore_inferiore(8@8mm)	Lat_sinistro_destro(4@14mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C12	1	1000 X 200	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@14mm)	Lat_superiore_inferiore(8@8mm)	Lat_sinistro_destro(4@14mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C13	1	1000 X 200	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@14mm)	Lat_superiore_inferiore(8@8mm)	Lat_sinistro_destro(4@14mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C14	1	1000 X 200	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@14mm)	Lat_superiore_inferiore(8@8mm)	Lat_sinistro_destro(4@14mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C15	1	1000 X 200	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@14mm)	Lat_superiore_inferiore(8@8mm)	Lat_sinistro_destro(4@14mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C16	1	1000 X 200	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@14mm)	Lat_superiore_inferiore(8@8mm)	Lat_sinistro_destro(4@14mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C17	1	500 X 200	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(2@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@14mm)	Nessuno	(2-2)@6m
<input type="checkbox"/> C18	1	500 X 200	Intera lunghezza	Vincolato (Quota Fondazione = 0)	Angoli(4@16mm)	Lat_superiore_inferiore(2@16mm)	Lat_sinistro_destro(0@14mm)	Nessuno	(2-2)@6m


Finestra Visualizza/Modifica Proprietà degli Elementi

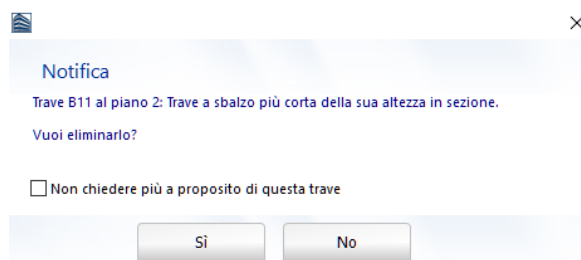
Le proprietà di uno degli elementi possono essere applicate ad altri elementi dal menu principale (*Strumenti > Copia Proprietà degli Elementi*) o tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Comparirà una finestra con le proprietà che saranno copiate dopo la selezione degli elementi. Gli utenti devono solo fare click sugli elementi per cambiare le loro proprietà. Si prega di notare che le barre di armature aggiuntive non possono essere copiate.



**Finestra Copia Proprietà degli Elementi**


Inoltre è offerta la possibilità di rinumerare gli elementi strutturali accedendo al menu principale (*Strumenti > Rinumeri elementi*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Cliccando su un elemento, a questo viene assegnato il numero selezionato e la numerazione di tutti gli altri elementi viene modificata di conseguenza.

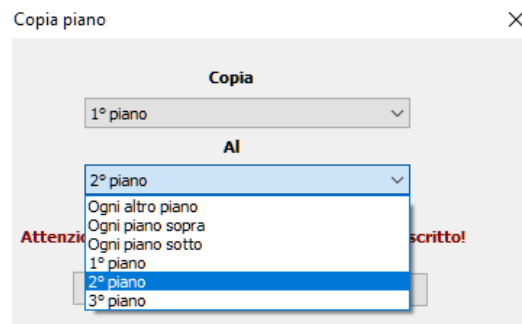
Dopo aver creato il modello, è abbastanza comune che, per motivi grafici (ad esempio, estendendo leggermente un estremo della trave oltre l'estremità di un pilastro), siano state create involontariamente una o più travi molto corte. Per questo motivo, è bene eseguire un controllo, dal menu principale (*Strumenti > Verifica Connettività*) oppure attraverso il pulsante corrispondente della barra degli strumenti , sull'esistenza di qualsiasi trave con luce libera più piccola dell'altezza della sezione. Se vengono rilevate tali travi, appare il messaggio mostrato nella figura seguente per l'utente.



**Verifica Connettività**

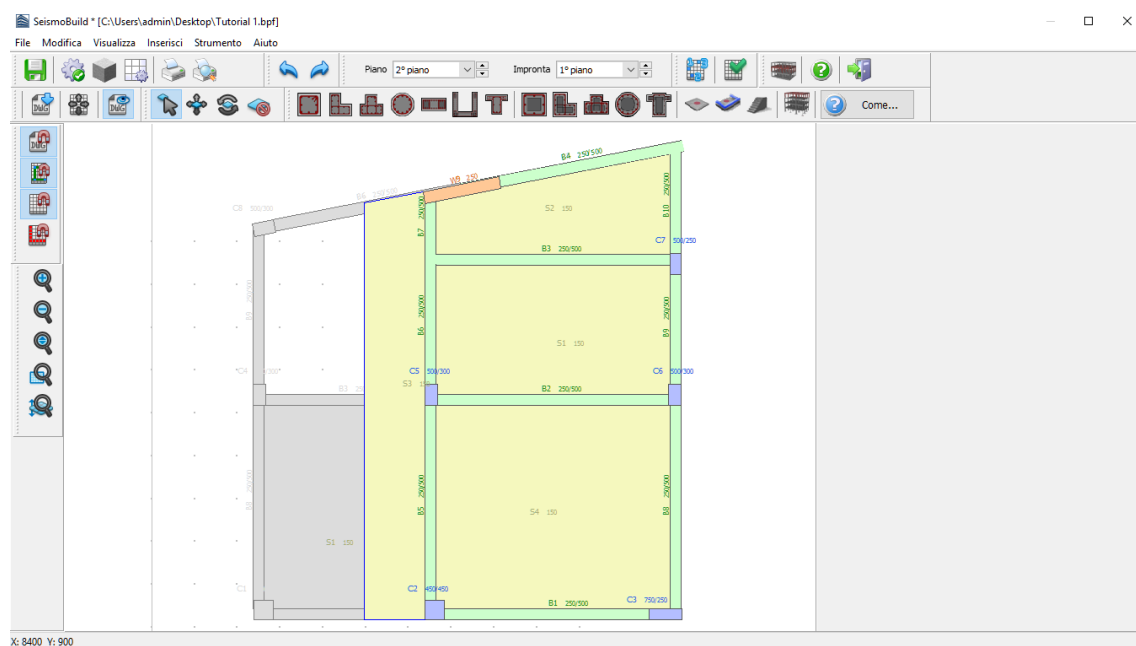
## CREAZIONE DI NUOVI PIANI

Dal menu principale (*Strumenti > Copia piano...*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , è possibile creare automaticamente nuovi piani a partire da piani già definiti.




**Copia piano**

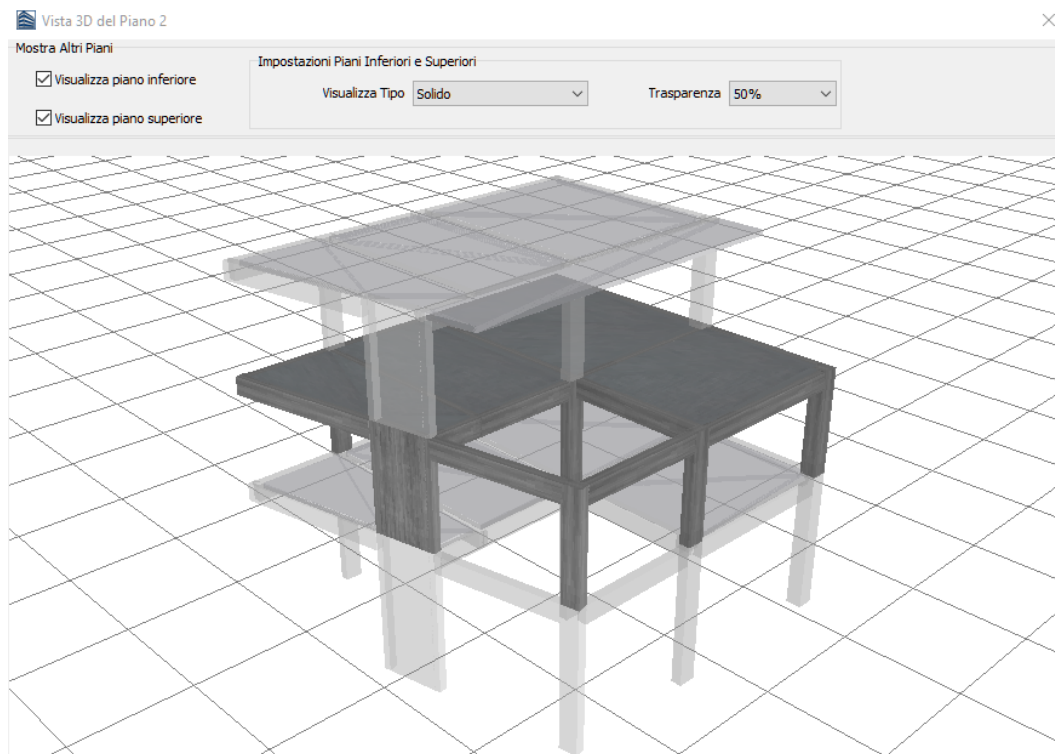
Si osserva che per introdurre facilmente nuovi elementi strutturali su un altro piano gli utenti possono usare il layout di un piano esistente come sfondo.



**Nuovo Piano e Sfondo**

## VISUALIZZAZIONE PIANO MODELLO 3D

Dal menu principale (*Visualizza > Piano Modello 3D*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , è possibile visualizzare il modello 3D del piano corrente.

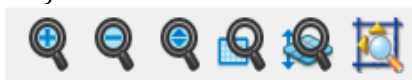


Finestra di dialogo della Vista 3D di Piano




## ALTRE FUNZIONI DEL MODELLATORE EDIFICI

Il Modellatore Edifici offre una varietà di strumenti per facilitare l'introduzione del layout strutturale:

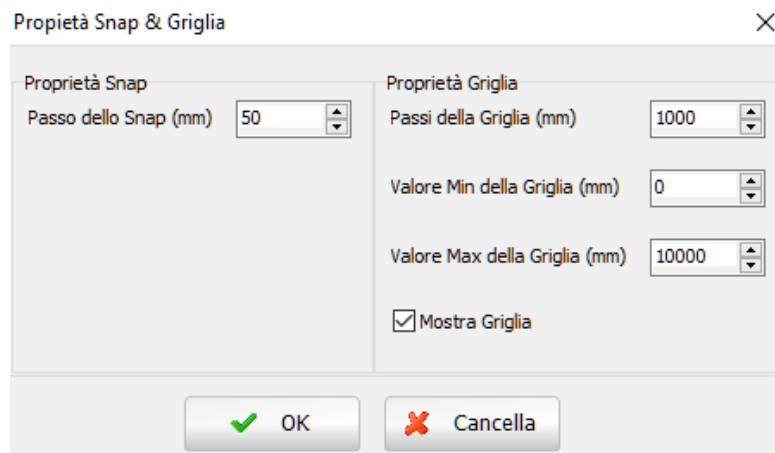
- Agli utenti sono resi disponibili diversi **strumenti di zoom** (zoom avanti, zoom indietro, zoom dinamico, zoom finestra, centra tutto e zoom sull'elemento). Questi strumenti sono selezionabili attraverso i corrispondenti pulsanti della barra degli strumenti (v. figura sottostante) o tramite il menu principale (*Visualizza >...*).



Strumenti di zoom

- Mostra o nascondi il **disegno CAD come sfondo** può essere fatto dal menu principale (*Visualizza > Mostra/Nascondi DWG...*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , una volta caricato il disegno con il pulsante .
- Gli **strumenti di snap** offrono la possibilità di "agganciarsi" al disegno CAD, ad un elemento e/o alla griglia. Le proprietà della griglia (passo, valori minimo e massimo) e dello snap (passo), così come se si desidera che la griglia venga visualizzata o meno, possono essere definite tramite la finestra di dialogo *Proprietà Snap e Griglia*, accessibile dal menu (*Visualizza > Proprietà Snap & Griglia*) oppure tramite il pulsante della barra degli strumenti .





### Proprietà Snap & Griglia

Inoltre è disponibile la funzione 'Ortho'; Ortho è l'abbreviazione di ortogonale e permette l'introduzione, sia orizzontale che verticale ma non inclinata, di elementi lineari (travi o pareti). Tutte queste funzionalità sono accessibili sia dal menu principale (*Visualizza >...*) che tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti.



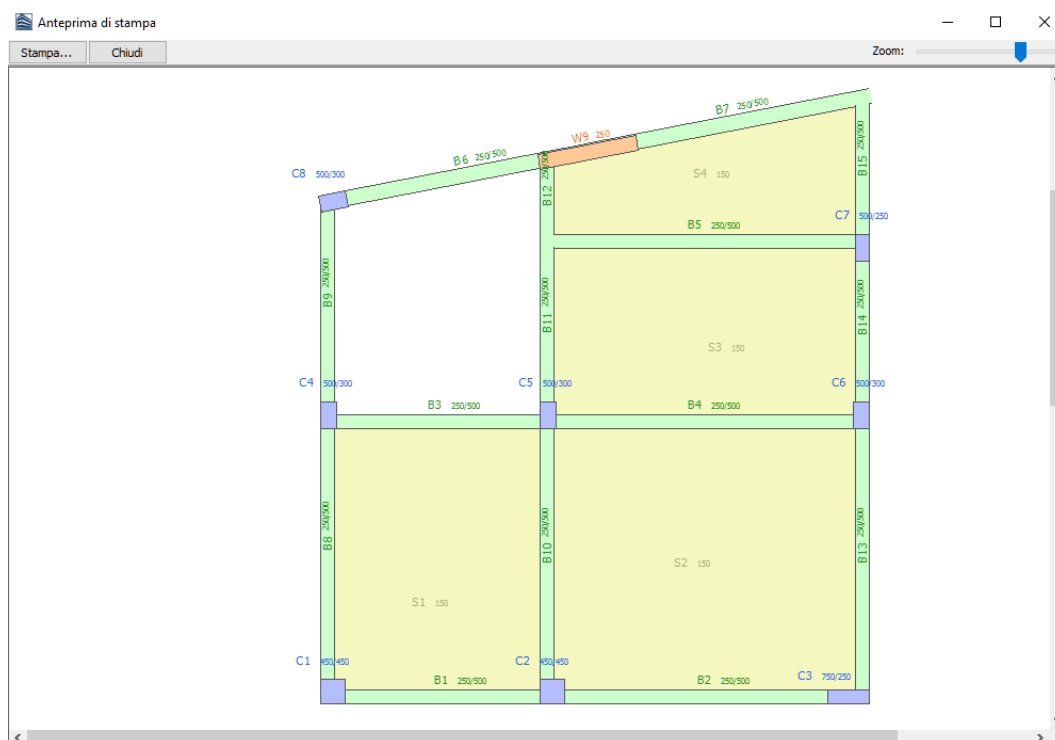
### Strumenti Snap e Ortho

- L'origine degli assi del disegno CAD sullo sfondo può essere spostata dal menu principale (*Visualizza > Sposta centro degli assi*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti





### Spostare il centro degli assi


- L'edificio può anche essere spostato nella vista in pianta dal menu principale (*Strumenti > Muovi Edificio*) o tramite il corrispondente pulsante della barra strumenti
- L'edificio può anche essere ruotato nella vista in pianta dal menu principale (*Strumenti > Ruota Edificio*) o dal corrispondente pulsante della barra degli strumenti
- Sempre dal menu principale (*Modifica > Annulla*)/ (*Modifica > Ripeti*), oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , è possibile annullare e ripetere le ultime operazioni.
- La visualizzazione in pianta corrente può essere stampata o visualizzata in anteprima dal menu principale (*File > Stampa...* & *File > Anteprima di stampa...*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti &

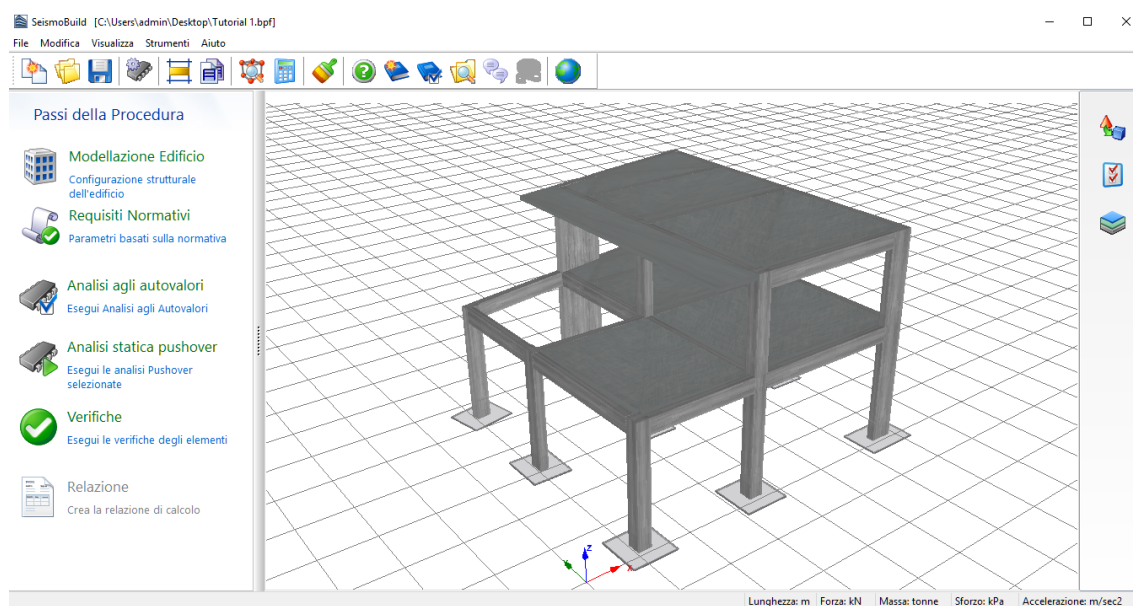


Anteprima di stampa

## SALVATAGGIO E CARICAMENTO DEI PROGETTI DI SEISMOBUILD

Il progetto di SeismoBuild (con l'estensione \*.bpf) può essere salvato dal menu principale (*File > Salva con nome...*)/(*File > Salva*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Si osserva che questo tipo di file può essere riaperto dalla finestra principale di SeismoBuild (*File > Apri*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti .

Il modello 3D di SeismoBuild può essere visualizzato selezionando il pulsante  oppure andando nel menu principale e selezionando il comando *File > Esci & Crea Modello 3D*.



Nuovo modello di SeismoBuild

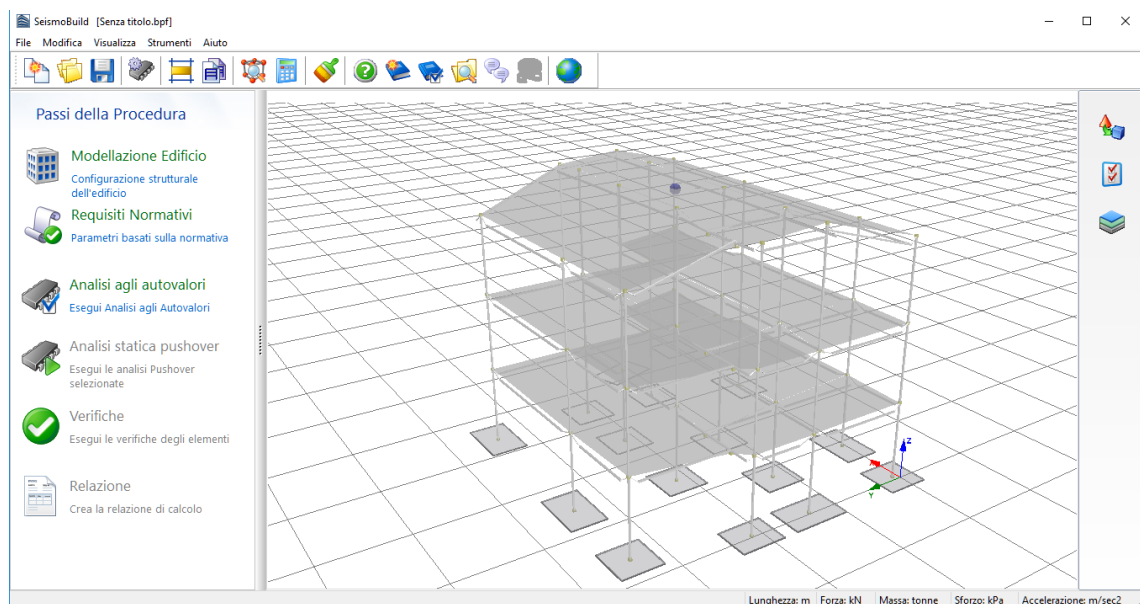
NOTA: Quando si crea un file di progetto di SeismoBuild dal Modellatore Edifici, la massa strutturale viene modellata considerando il peso specifico dei materiali e tramite i parametri della massa aggiuntiva definiti a livello di sezione. Il primo tiene conto della massa dei pilastri, delle pareti e delle travi, mentre i secondi considerano la massa corrispondente al peso proprio dei solai, ai carichi permanenti aggiuntivi e ai carichi variabili. Le masse così definite vengono trasformate in carichi gravitazionali, sulla base del valore di 'g'.

# Modellazione Strutturale

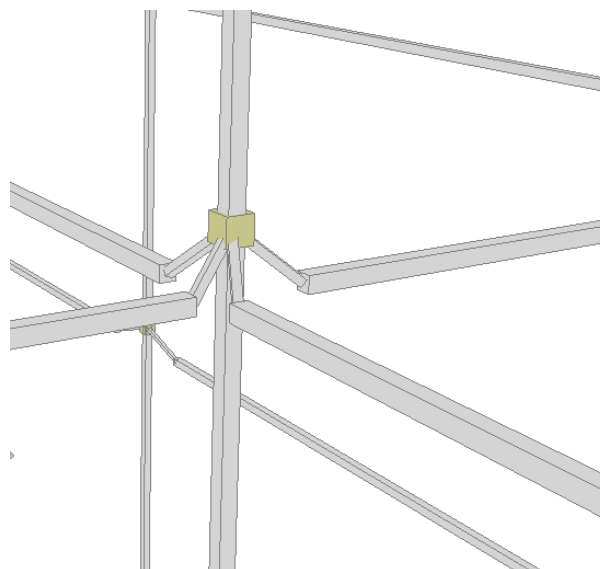
Una volta definiti i dati di input nel Modellatore Edifici, il programma crea automaticamente il modello strutturale sulla base delle seguenti regole:

- Gli elementi strutturali sono modellati per mezzo di *elementi frame inelastici a fibre*. Sono considerate sia le *nonlinearità geometriche* che le *inelasticità dei materiali*. Inoltre, vengono automaticamente calcolati, e inclusi nel modello strutturale, gli offset in corrispondenza dei nodi strutturali (nodi trave-pilastro).
- Sono disponibili undici legami costitutivi nonlineari dei materiali per modellare il comportamento del calcestruzzo e dell'acciaio. Il modello di Mander et al.[1988] e quello di Menegotto-Pinto [1973] sono impiegati di default, rispettivamente, per il calcestruzzo e l'acciaio. È inoltre disponibile un legame costitutivo creato appositamente per modellare il calcestruzzo ad elevata resistenza.
- Sono disponibili cinque tipologie di elementi, che consistono in una combinazione di elementi anelastici con formulazione basata sulle forze e sugli spostamenti, con plasticità distribuita o plasticità concentrata (elementi con cerniera plastica) e un tipo di elemento elastico. In particolare, le tipologie di elementi disponibili sono le seguenti: (i) Elemento frame inelastico basato sulle forze - infrmFB, (ii) Elemento frame inelastico basato sulle forze con cerniera plastica - infrmFBPH, (iii) Elemento frame inelastico basato sugli spostamenti con cerniera plastica - infrmDBPH, (iv) Elemento frame inelastico basato sugli spostamenti - infrmDB e (v) Elemento frame elastico - elfrm.) Elemento frame inelastico basato sugli spostamenti viene impiegato per elementi molto corti, ad esempio per modellare i pilastri tozzi.
- Con la formulazione a plasticità distribuita (infrmFB e infrmDB), la diffusione dell'inelasticità lungo l'elemento e attraverso la sezione viene modellata in modo esplicito, permettendo un'accurata stima dell'accumulo del danno. Questo è particolarmente importante nella modellazione delle pareti strutturali ai piani inferiori (ed in particolare al piano terra), dove gli elevati momenti flettenti e la distribuzione della plasticità non sono concentrati alle estremità dell'elemento (nel qual caso sarebbe sufficiente un approccio di modellazione con cerniera plastica), ma piuttosto lungo l'intera altezza di piano. Considerando il ruolo dominante che ricoprono le grandi pareti di taglio nel comportamento globale della struttura, **questa caratteristica distingue SeismoBuild da altri pacchetti di valutazione similari che modellano tutti gli elementi strutturali con elementi a cerniera plastica, e quindi non simulano la distribuzione dell'inelasticità lungo l'intera altezza del piano terra.**
- Gli elementi impiegati di default per i pilastri, le travi e le pareti strutturali sono quelli inelastici basati sulle forze con cerniera plastica infrmFBPH. Per gli elementi tozzi vengono utilizzati, invece, gli elementi frame inelastici basati sugli spostamenti infrmDB, per ragioni di maggior stabilità delle analisi e per una migliore convergenza.
- Nello specifico delle travi, vengono considerate differenti sezioni da assegnare alle diverse sezioni d'integrazione, sulla base della specifica disposizione di armatura all'interno della sezione (sia longitudinale che trasversale) all'inizio, in mezzzeria e alla fine dell'elemento strutturale. Ne caso dei pilastri e delle pareti, invece, viene impiegata solamente una sezione per tutta la lunghezza dell'elemento.
- L'azione diaframmatica dei solai viene modellata attraverso la definizione di diaframmi rigidi.
- Le scale sono modellate con elementi elastici di larghezza e profondità prefissata.
- Le masse dei pilastri e delle travi vengono incluse direttamente nel modello strutturale.
- Le masse dei solai sono applicate alle travi di supporto come masse e carichi aggiuntivi.
- Per default il programma posiziona il nodo di controllo nel centro di massa dell'ultimo impalcato oppure al livello sottostante, nel caso in cui la massa dell'ultimo impalcato sia inferiore al 10% di quella dell'impalcato sottostante. Gli utenti possono definire il nodo di controllo in un piano differente.
- I pilastri sono considerati fissi al livello della fondazione. Inoltre possono essere impostati diversi livelli di fondazione a differenti quote per diversi pilastri del medesimo edificio.

- Gli isolatori elastomerici e gli isolatori elastomerici con nucleo in piombo sono modellati come tipo di elemento isolatore1. Gli isolatori a pendolo scorrevole sono modellati come tipo di elemento isolatore2.
- I Plinti sono modellati come collegamenti con un'estremità fissata al terreno e l'altra estremità collegata tramite un link rigido all'elemento della colonna basato sulla fondazione. Il link che modella il Plinto può essere elastico o non elastico.
- Le Travi Rovescce sono modellate utilizzando elementi basati sullo spostamento anelastico (Inelastic Displacement Based Elements). In particolare, gli elementi Travi Rovescce sono divisi in sottoelementi lineari più piccole, ciascuno dei quali modellato come un elemento frame basato sullo spostamento inelastico (infrmDB). In ogni punto in cui un pilastro o un muro è collegato alla Trave Rovescce viene utilizzato un link (lineare o non lineare) per simulare il collegamento a terra. In particolare, un'estremità del link è fissata a terra e l'altra estremità è collegata alla Trave Rovescce. La colonna è collegata alla Trave Rovescce tramite un link rigido.




**Finestra principale di SeismoBuild – Visualizzazione del Modello agli Elementi Finiti**



**Offset degli elementi**

# Requisiti Normativi

I Requisiti Normativi possono essere definiti attraverso una finestra di dialogo accessibile premendo sul pulsante  presente sulla sinistra della finestra principale del programma.

L'area dei **Requisiti Normativi** è caratterizzata da una serie di schede in cui possono essere assegnate le impostazioni necessarie per le analisi e le verifiche in accordo con la Normativa o gli Standard selezionati. Nell'attuale versione del programma le normative disponibili sono le seguenti: Eurocodice 8- Parte 3 assieme alla maggior parte delle Appendici Nazionali disponibili, la Normativa Americana per la Valutazione e Adeguamento Sismico di Edifici Esistenti (ASCE 41-23), le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC-18), la Normativa Greca sugli Interventi Antisismici (KANEPE) e la Normativa Turca per la Valutazione Sismica degli Edifici (TBDY); una volta selezionata la Normativa le schede vengono modificate di conseguenza.

**Normativa di Riferimento**

EuroCode 8, Parte 3
ASCE 41-17
NTC-08 (Italiana)
NTC-18 (Italiana)
KANEPE, Normativa greca
TBDY

## Normative disponibili

Le schede disponibili all'interno dell'area *Requisiti Normativi* sono elencate nel seguito e verranno descritte dettagliatamente nei prossimi paragrafi:

- Stati Limite/ Obiettivi Prestazionali
- Azione Sismica (Spettro Target)
- Tipo di Analisi (Profilo di carico laterale o generazione di record)
- Livello di Conoscenza
- Limiti del Drift Interpiano (Solo nelle NTC)
- Spostamento Target (Solo nelle KANEPE)
- Verifiche

**NOTA:** Le Normative disponibili dipendono dalla versione di SeismoBuild. Gli utenti devono selezionare la versione che contiene le Normative richieste.

## STATI LIMITE

In questa scheda gli utenti possono definire gli Stati Limite o i Livelli di Prestazione che si intendono utilizzare per le verifiche strutturali.

Negli Eurocodici, lo stato di danneggiamento della struttura è definito attraverso tre stati limite, denominati Stato Limite di Collasso (NC), di Danno Significativo (SD) e di Danno Limitato (DL). Si precisa che la selezione dello stato limite/degli stati limite che devono essere verificati in un particolare Paese membro può essere trovata nelle relative Appendici Nazionali. Come conseguenza della selezione di una specifica Appendice Nazionale tra le quelle disponibili, si potrà definire se impiegare uno solo, due, o tutti e tre gli stati limite nelle verifiche da normativa.

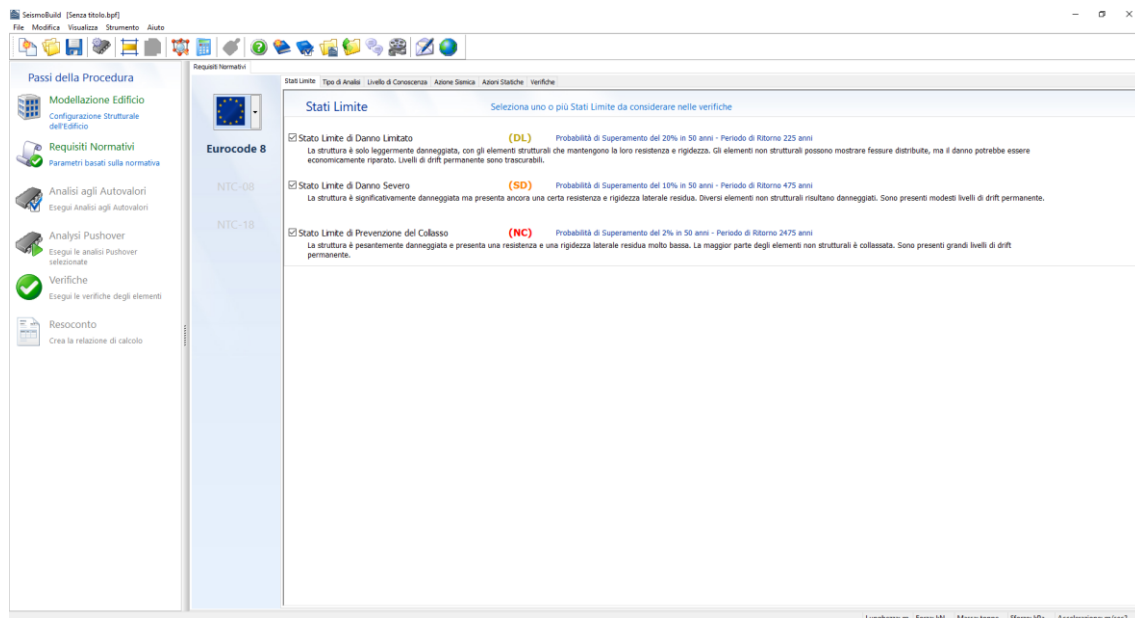
I livelli di prestazione richiesti nella ASCE 41-23 consistono in combinazioni di livelli di prestazione dell'edificio (Livello di Operatività, Immediata Occupazione, Salvaguardia della Vita and Prevenzione del Collasso) e azioni sismiche (con una probabilità di superamento, rispettivamente, del 2%, 5%, 20% e 50% nel ciclo di vita convenzionale di un edificio fissato in 50 anni).

I corrispondenti stati limite per la Normativa Italiana sono quattro, ossia lo Stato Limite di Operatività (SLO), di Danno (SLD), di Salvaguardia della Vita (SLV) e di Collasso (SLC). Oltre agli stati limite considerati, gli utenti possono specificare la posizione della struttura sul territorio italiano, la vita nominale della struttura e la sua classe di importanza; in questo modo i parametri necessari per la derivazione degli spettri di risposta vengono calcolati automaticamente.

Gli obiettivi prestazionali impiegati nella KANEPE consistono nel combinare i requisiti prestazionali (Occupazione Immediata, Salvaguardia della Vita e Prevenzione del Collasso) con le azioni sismiche (10% e 50% di probabilità di superamento dell'azione sismica in un ciclo di vita convenzionale di 50 anni).

I livelli di prestazione delle TBDY consistono in combinazioni di livelli di prestazione dell'edificio (Uso continuo, Immediata Occupazione, Salvaguardia della Vita e Prevenzione del Collasso) e azioni sismiche (con una probabilità di superamento, rispettivamente, del 2%, 10%, 50% e 68% nel ciclo di vita convenzionale di un edificio fissato in 50 anni).

Una descrizione dettagliata degli stati limite è disponibile nelle corrispondenti appendici per ciascuna normativa selezionata (Appendice A.1 - EUROCODICI, Appendice A.2 - ASCE, Appendice A.3 - NTC-18, Appendice A.4 - KANEPE, Appendice A.5 - TBDY).



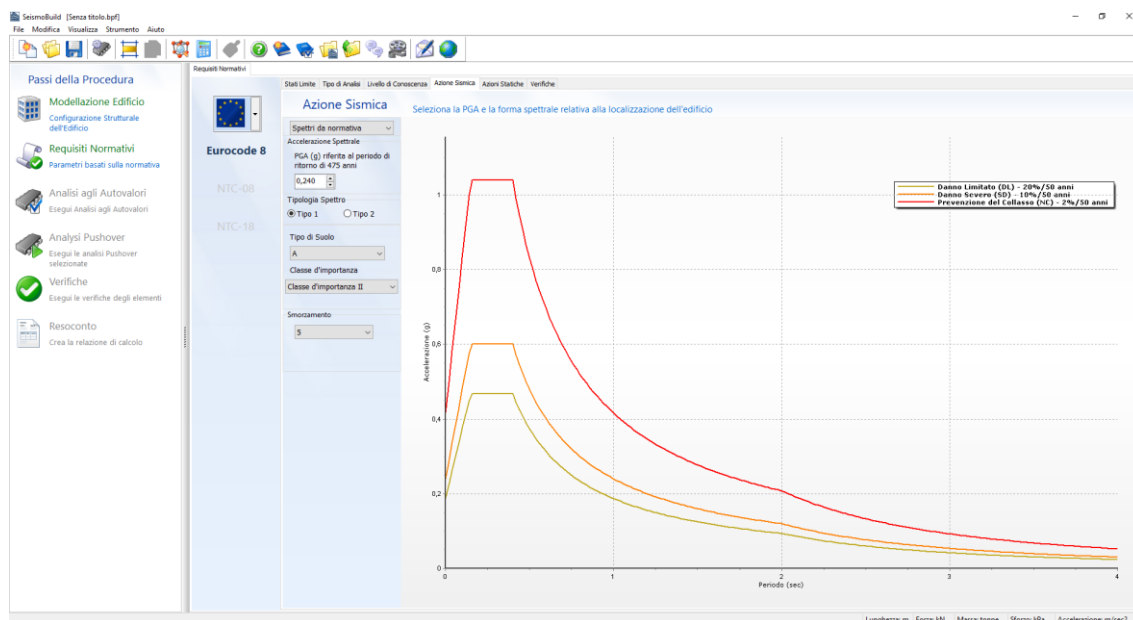
**Modulo Stati Limite**

## AZIONE SISMICA (SPETTRO TARGET)

In questa scheda viene determinato lo spettro di risposta elastico (come specificato nella normativa selezionata), che viene scalato ai valori dell'accelerazione al suolo di progetto per i diversi stati limite. Lo spettro di risposta elastico può essere derivato dalle normative impiegate all'interno dello specifico progetto (opzione *Spettri da Normativa*) oppure può essere definito dall'utente (opzione *Spettro Definito dall'Utente*). Nel caso di *Spettri da Normativa*, gli utenti devono assegnare i parametri di base necessari per la generazione della forma spettrale (ossia la PGA, lo smorzamento, il tipo di spettro, il tipo di suolo e la classe d'importanza).

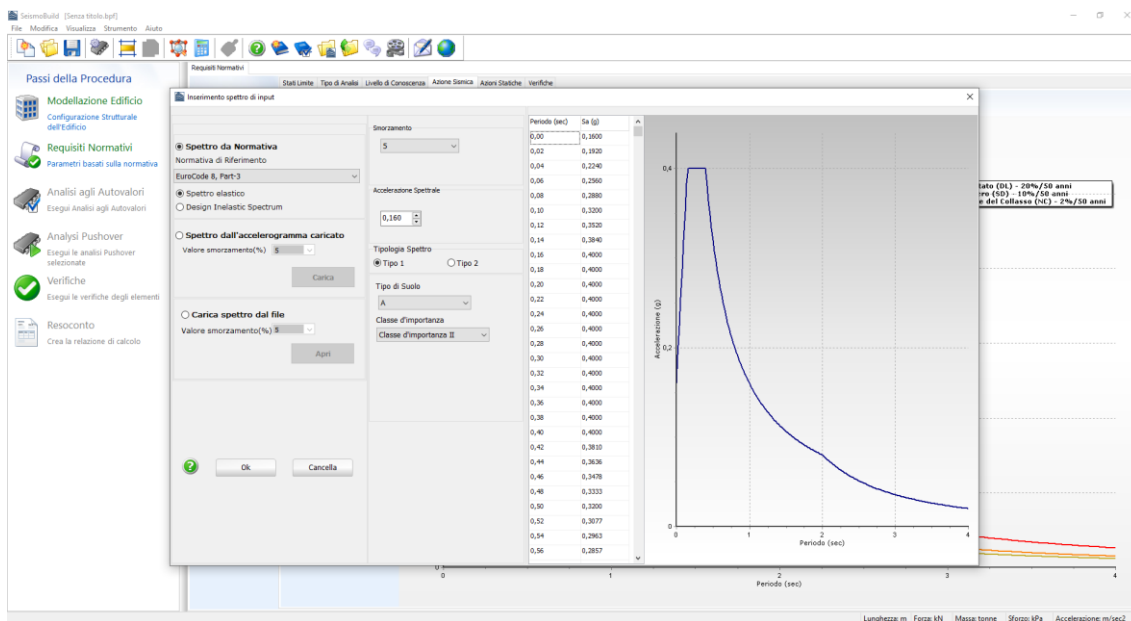
Per ulteriori informazioni potete far riferimento alla corrispondente sezione della normativa selezionata (Appendice A.1 - EUROCODICI, Appendice A.2 - ASCE, Appendice A.3 - NTC-18, Appendice A.4 - KANEPE, Appendice A.5 - TBDY).

Nel caso di *Spettri Definiti dall'Utente*, gli utenti possono effettuare la selezione da una lista di 29 spettri definiti in varie Normative Nazionali da tutto il mondo (opzione *Spettro da Normativa*), dove è necessario anche fornire i parametri base per la definizione della forma spettrale. È presente inoltre l'opzione di caricare un accelerogramma in base al quale verrà calcolato lo spettro di risposta elastico (opzione *Spettro da accelerogramma caricato*) o di caricare uno spettro elastico da file (opzione *Carica Spettro da file*).



Modulo Azione Sismica(opzione Spettri da Normativa)





**Modulo Azione Sismica (Spettri definiti dall'utente)**

## TIPOLOGIE DI ANALISI (PROFILO DI CARICO LATERALE O GENERAZIONE DI RECORD)

All'interno di SeismoBuild sono disponibili metodi di analisi sia lineari che non lineari per la valutazione strutturale. È inoltre possibile selezionare la procedura statica lineare o quella dinamica lineare, così come i due metodi più accurati e utilizzati nella pratica per la valutazione degli edifici esistenti, ossia l'analisi statica nonlineare (pushover) e l'analisi dinamica nonlineare (time-history).

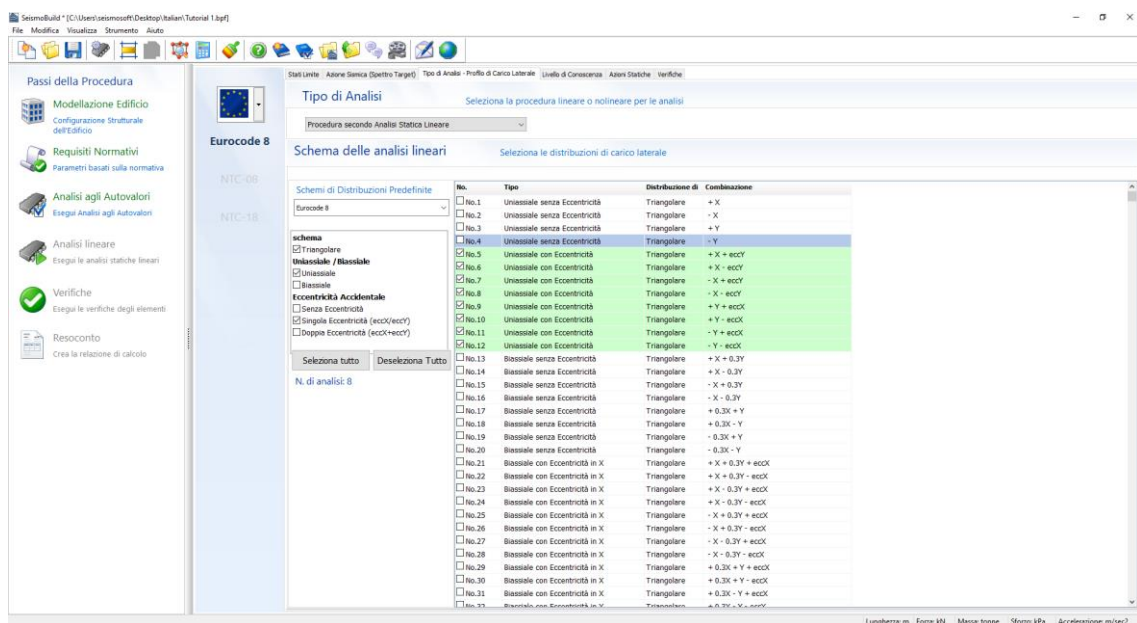
### Procedura Statica Lineare

Con la procedura statica lineare (Metodo della forza laterale con le convenzioni di denominazione EC8) si presume che una distribuzione della forza laterale pseudo-sismica con un profilo triangolare approssimi il carico del terremoto. Le forze vengono applicate ad un modello strutturale elastico lineare, al fine di calcolare le forze interne e gli spostamenti del sistema.

Le diverse distribuzioni di carico che verranno applicate alla struttura sono definite in questo modulo in due modalità:

- La prima consiste nel selezionare uno degli schemi definiti dai Codici Normativi, ovvero (i) Combinazioni Base, (ii) Eurocodice 8, (iii) ASCE 41-23, (iv) NTC-18 (v) KANEPE e (vi) TBDY. Scegliendo uno di questi schemi verranno selezionate le distribuzioni di carico appropriate.
- La seconda prevede di scegliere distribuzioni di carico definite dall'utente mediante le caselle di controllo corrispondenti. Gli utenti possono decidere in merito all'applicazione simultanea o meno dei carichi incrementali laterali nelle due direzioni orizzontali (modelli di carico Uniassiali o Biassiali) e se considerare o meno l'Eccentricità Accidentale.

Il massimo spostamento interpiano nelle direzioni X e Y, così come i passi di analisi nelle direzioni X e Y, sono definiti anche qui.

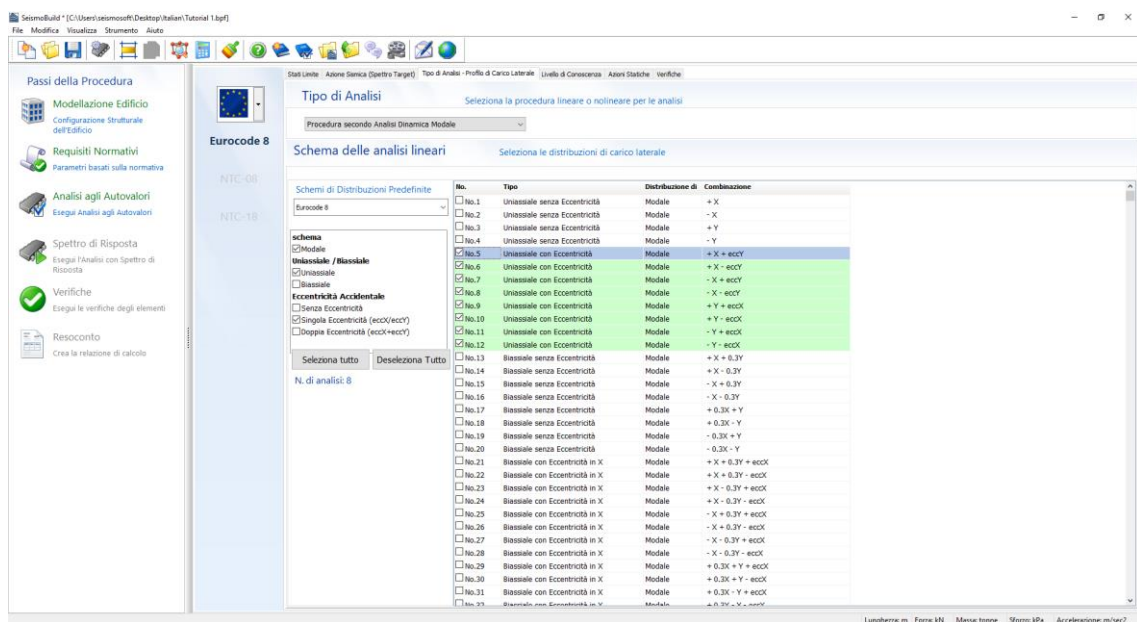


### Modulo Tipo di analisi - Procedura Statica Lineare

Gli utenti possono fare riferimento alla sezione Generale della Procedura Statica Lineare di questo Manuale per ulteriori informazioni sulle distribuzioni di carico.

### Procedura Dinamica Lineare

La Procedura Dinamica Lineare (o Analisi Modale con Spettro di Risposta, secondo la nomenclatura dell'EC8) è simile alla Procedura Lineare Statica, almeno per quanto riguarda l'approccio modellistico. Il modello è nuovamente elastico e durante l'analisi non si verifica alcuna degradazione della rigidità. Tuttavia, il metodo è in qualche modo più sofisticato, poiché il profilo delle forze laterali non è più arbitrario, ma viene calcolato come una combinazione dei contributi modali dei diversi modi di vibrare della struttura.



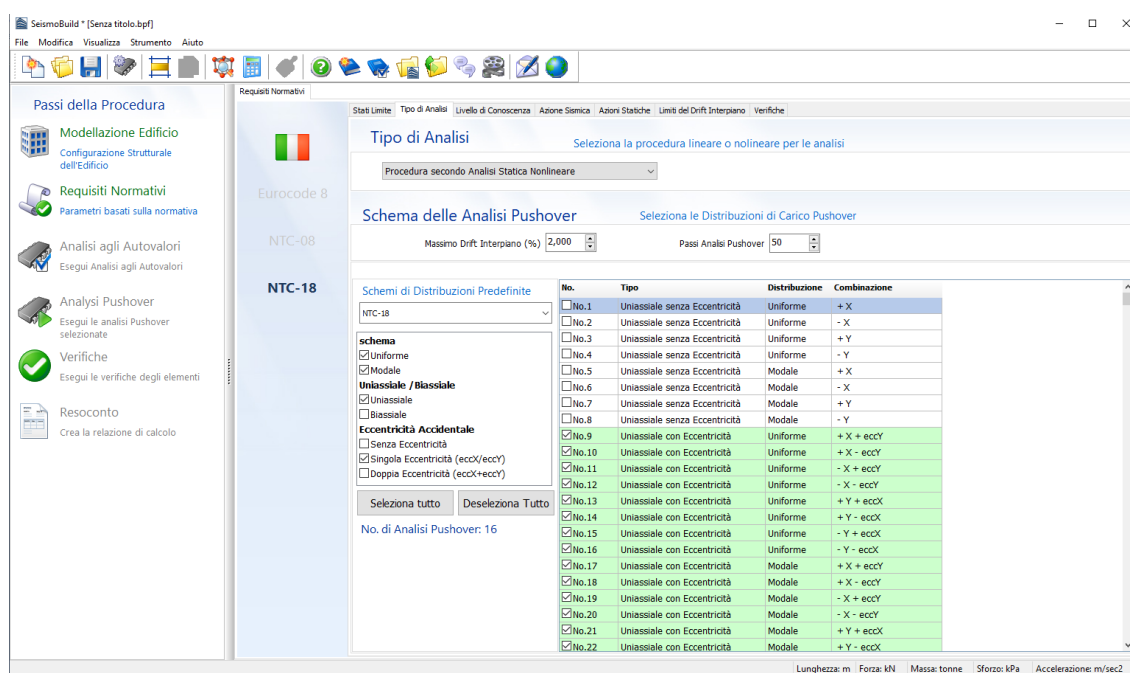
### Modulo Tipo di Analisi - Procedura Dinamica Lineare

## Procedura Statica Non Lineare

L'analisi pushover viene eseguita sotto carichi gravitazionali costanti e forze laterali via via crescenti, applicate nei punti di applicazione delle masse per simulare le forze d'inerzia indotte dall'azione sismica. Poiché il modello tiene in considerazione sia le nonlinearità geometriche che l'inelasticità dei materiali, questo metodo può descrivere l'evoluzione dei meccanismi plastici attesi e dei danni strutturali.

Le diverse distribuzioni di carico che saranno applicate alla struttura sono definite in questo modulo nei seguenti due modi:

- Il primo modo consiste nel selezionare uno schema di carico, così come viene definito dalle Normative, ossia (i) Combinazioni basilari, (ii) Eurocodice 8, (iii) ASCE 41-23, (iv) NTC-18, (v) KANEPE e (vi) TBDY. Scegliendo uno di questi schemi verranno selezionate le appropriate distribuzioni di carico.
- Il secondo modo consiste nel scegliere distribuzioni di carico definite dall'utente per mezzo delle corrispondenti caselle. Gli utenti possono decidere a proposito della distribuzione dei carichi orizzontali (uniforme e/o modale), dell'applicazione simultanea o meno dei carichi laterali incrementali nelle due direzioni orizzontali (Uniassiale o Biassiale) e dell'esistenza o meno di un'eventuale eccentricità accidentale (singola e/o doppia).



### Modulo Tipi di Analisi – Procedura secondo Analisi Statica Non Lineare

Gli utenti possono far riferimento alla sezione Analisi lineari e non lineari di questo Manuale per ulteriori informazioni sulle distribuzioni di carico.

## Analisi Dinamica Non Lineare

Nell'analisi dinamica non lineare al passo un modello matematico che incorpora direttamente le caratteristiche non lineari del carico-deformazione dei singoli componenti dell'edificio è soggetto a scuotimenti sismici rappresentati dalle accelerazioni al suolo.

Al posto delle distribuzioni di forze laterali utilizzate nella procedura statica non lineare, alla base dell'edificio viene infatti applicato un carico sotto forma di storia temporale in termini di accelerazioni, corrispondente alla registrazione del terremoto. In SeismoBuild gli accelerogrammi possono essere sia (a) record artificiali o sintetici che corrispondono al dato spettro target o (b) caricati direttamente dall'utente.

L'integrazione diretta delle equazioni del moto viene realizzata utilizzando opportuni algoritmi di integrazione, come l'algoritmo di integrazione numericamente dissipativo (algoritmo HHT di Hilber-Hughes-Taylor) o un caso speciale del primo, il noto algoritmo di Newmark.

Selezionando questo tipo di analisi occorre specificare il metodo di generazione degli accelerogrammi da utilizzare nell'analisi. Se viene selezionato uno dei tre metodi di generazione di accelerogrammi artificiali, viene visualizzato il modulo *Generazione record artificiale*.

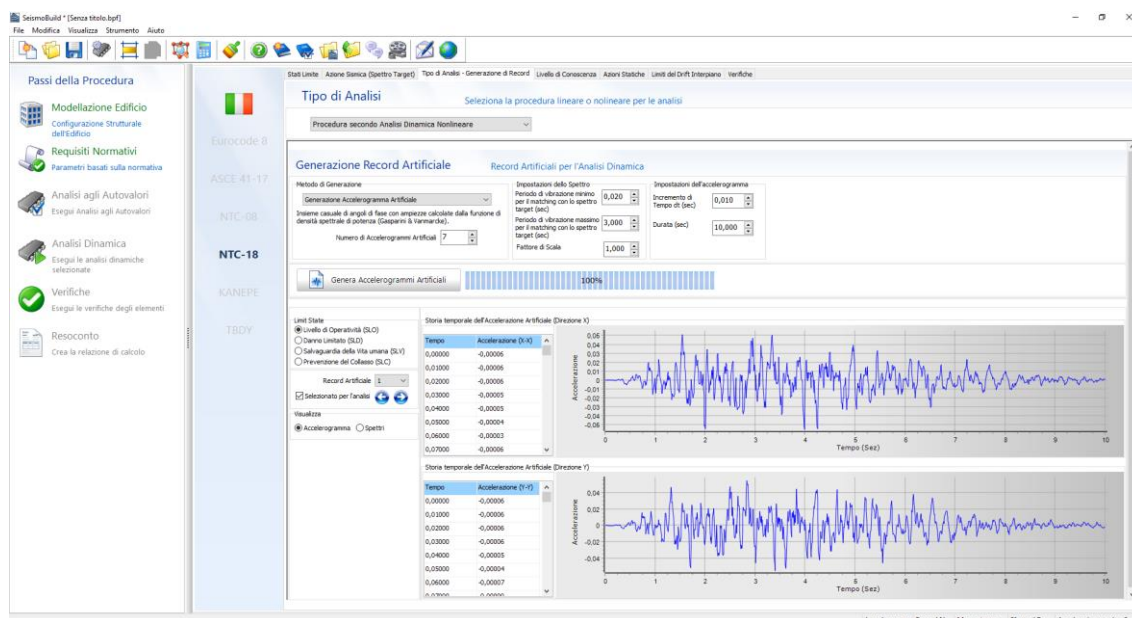
L'utente può selezionare il numero di accelerogrammi artificiali da generare, le impostazioni dello spettro target (periodo minimo e massimo per effettuare il matching e il fattore di scala per lo spettro target definito), le impostazioni dei record (intervallo temporale e durata), nonché l'algoritmo di generazione.

Attualmente in SeismoBuild sono disponibili tre metodi per la simulazione dei moti artificiali del suolo:

- Generazione e regolazione dell'accelerogramma sintetico [Hallodorsen & Papageorgiou, 2005]
- Generazione di accelerogrammi artificiali [Gasparini & Vanmarcke, 1976], che è l'opzione predefinita
- Generazione e regolazione dell'accelerogramma artificiale.

I metodi *Generazione accelerogramma artificiale* e *Generazione e regolazione accelerogramma artificiale* si basano sull'adattamento di un processo casuale a uno spettro target. L'adattamento si basa sul contenuto di frequenza utilizzando il metodo della trasformazione di Fourier e la regolazione nel secondo metodo viene eseguita nel dominio della frequenza. In entrambi i casi è necessario solo lo spettro target per la generazione di un accelerogramma.

Al contrario, per la generazione di accelerogrammi sintetici sono richieste alcune conoscenze di base dell'ambiente geotettonico e delle condizioni del suolo relative alla regione / sito di interesse. L'accelerogramma artificiale viene definito partendo da uno sintetico e adattandone il contenuto in frequenza utilizzando il Metodo della Trasformata di Fourier. Questo metodo è in grado di fornire in modo efficiente buoni risultati, ma ha lo svantaggio di un input aggiuntivo diverso dalla forma spettrale target (regime sismico, campo vicino o lontano, magnitudo del terremoto prevista, distanza dalla sorgente e condizioni del suolo).



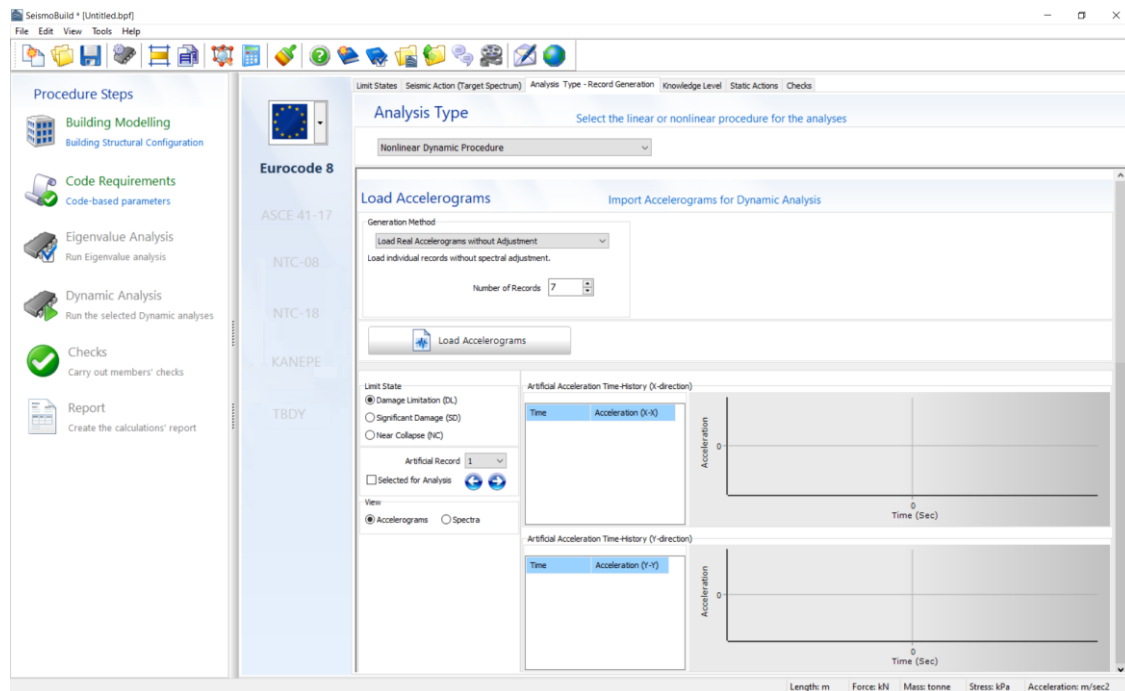
### Modulo Tipi di Analisi per Analisi Dinamica con il modulo Generazione Accelerogramma Artificiale in mostra

Invece di selezionare uno dei tre metodi di generazione di accelerogrammi artificiali sopra menzionati, c'è la possibilità di caricare Accelerogrammi Naturali senza aggiustamenti.

Dopo aver selezionato questa quarta opzione nel menu Metodo di Generazione, viene visualizzato il modulo *Carica Accelerogramma Artificiale*.

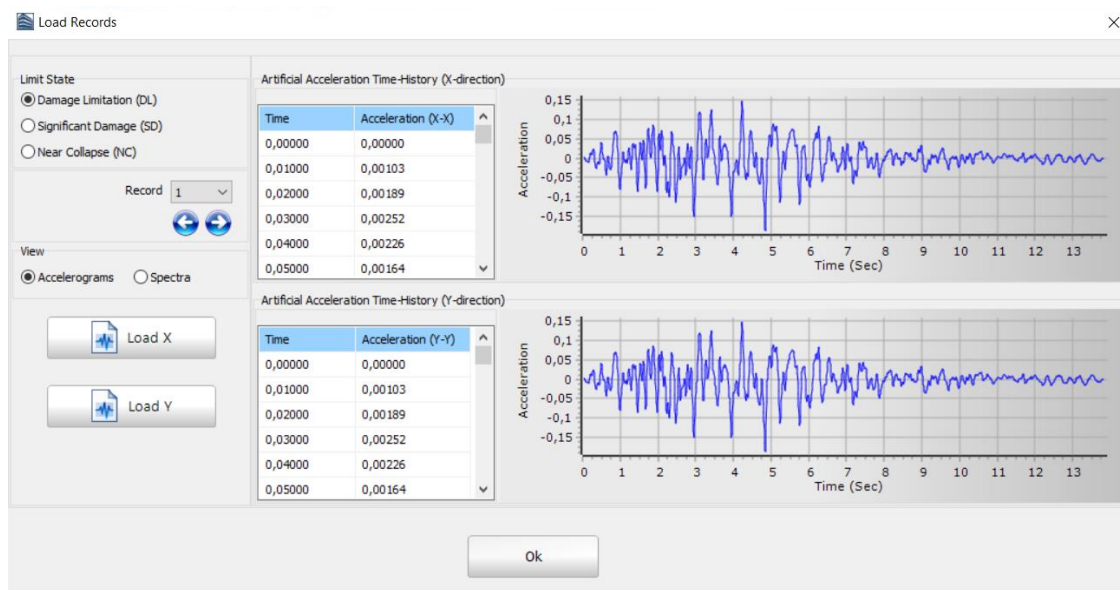
È disponibile anche la visualizzazione dello spettro RotD100.

È disponibile anche la possibilità di utilizzare solo la componente X o solo la componente Y dell'accelerogramma, durante l'analisi dinamica in storia temporale nel Procedimento Dinamico Nonlineare, in tutti i metodi sopra menzionati.



#### Modulo Tipologia Analisi per le Analisi Dinamiche, con Carica Accelerogrammi selezionato

Qui è necessario selezionare il numero di record e quindi selezionare *Carica Accelerogrammi*; nella finestra *Carica Record* che appare caricare gli Accelerogrammi da utilizzare nell'analisi. Nello specifico, selezionando Carico X e Carico Y nella finestra Carica Records si apre la finestra Parametri Input File dove è possibile selezionare e caricare il file dell'Accelerogramma per la corrispondente direzione del terremoto. In totale, per ogni record specificato devono essere caricati due Accelerogrammi per Stato Limite. Dopo aver caricato un Accelerogramma non è possibile eseguire ulteriori aggiustamenti in SeismoBuild.



Finestra relativa al caricamento di record

Parametri File di Input

Prima riga: 6  
Ultima Riga: 3638  
Incremento di Temp: 0,01  
Fattore di Scala: 1,0

Descrizione del record: Friuli.dat

File delle accelerazioni

```

The Friuli (Italy) earthquake of May 06, 1976.
Source: PEER Strong Motion Database
Recording station: TOLMEZZO(000)
Frequency range: 0.1-30.0 Hz
Time[s] Accel[g]
0.0000 -0.0020
0.0100 -0.0019
0.0200 -0.0018
0.0300 -0.0017
0.0400 -0.0016
0.0500 -0.0016
0.0600 -0.0015
0.0700 -0.0015
0.0800 -0.0015
    
```

Finestra relativa all'input dei parametri del record

È disponibile anche la visualizzazione dello spettro RotD100.

Gli utenti possono fare riferimento alla sezione Generale delle Pushover e Analisi Dinamica di questo manuale per ulteriori informazioni sui modi di caricamento.



## LIVELLO DI CONOSCENZA

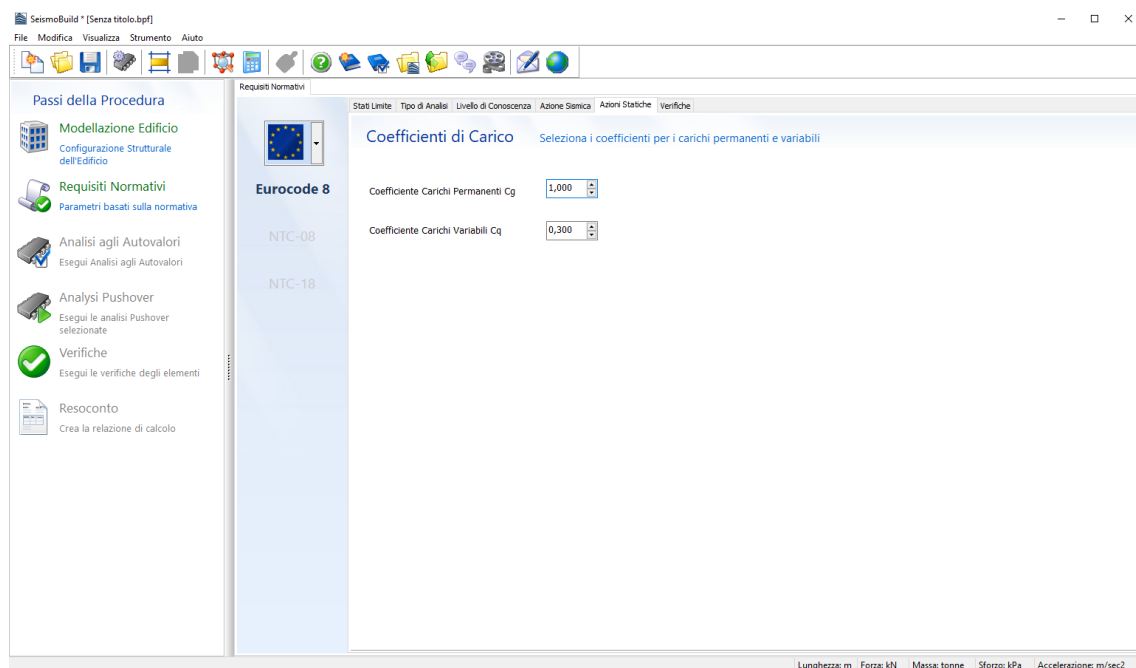
In questo modulo gli utenti possono selezionare il Livello di Conoscenza che corrisponde ai dati disponibili sulla configurazione strutturale. Sono definiti tre livelli di conoscenza. Una descrizione più dettagliata dei fattori che determinano il raggiungimento di un certo livello di conoscenza è disponibile nella Appendice A.1 - EUROCODICI, Appendice A.2 - ASCE, Appendice A.3 - NTC-18, Appendice A.4 - KANEPE, Appendice A.5 - TBDY. I valori di default per il fattore di confidenza sono quelli raccomandati nelle corrispondenti Normative, sebbene sia comunque possibile assegnare differenti valori selezionando la casella *valore personalizzato* (ad esempio in accordo con l'Appendice Nazionale del paese per il caso degli Eurocodici).

The screenshot displays the 'Livello di Conoscenza' (Level of Knowledge) selection screen. On the left, a sidebar lists the 'Passi della Procedura' (Steps of the Procedure): Modellazione Edificio, Configurazione Strutturale dell'Edificio, Requisiti Normativi (selected), Analisi agli Autovalori, Analisi Pushover, Verifiche, and Resoconto. The 'Requisiti Normativi' section shows 'Eurocode 8' and 'NTC-08' selected. The main area is titled 'Livello di Conoscenza' and 'Selezionare il Livello di Conoscenza sulla base dei dati strutturali disponibili'. It features three columns for 'Livello di Conoscenza 1', 'Livello di Conoscenza 2', and 'Livello di Conoscenza 3'. Each column contains requirements for 'Geometria', 'Dettagli', 'Materiali', and 'Fattore di Confidenza'. The 'Fattore di Confidenza' values are CF = 1,35, CF = 1,20, and CF = 1,00 respectively. A 'Fattore di Confidenza' dropdown is set to 1.200, and a checkbox for 'valore personalizzato' is present. The bottom status bar shows units: Lunghezza: m, Forza: kN, Massa: tonne, Sforzo: kPa, Accelerazione: m/sec2.

### Modulo Livello di Conoscenza

## AZIONI STATICHE

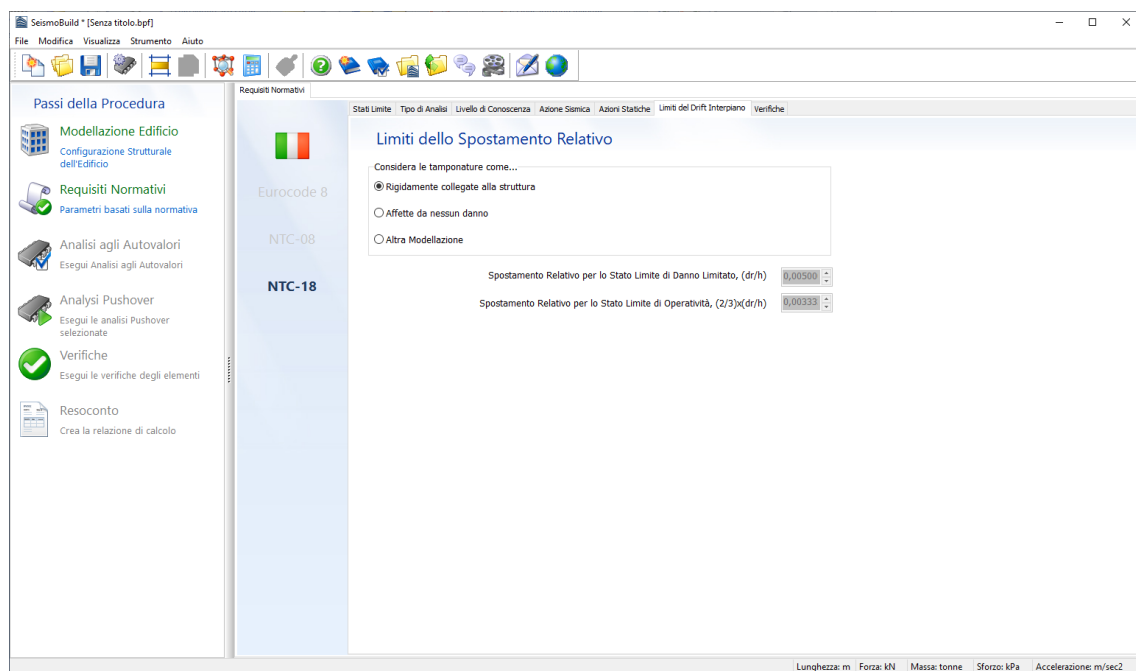
In questa scheda vengono assegnati i coefficienti dei carichi permanenti e di quelli variabili. Come descritto nella sezione Analisi lineari e non lineari, in aggiunta ai carichi orizzontali introdotti con le rispettive distribuzioni di carico, nelle analisi nonlineari sono applicati anche i carichi statici, permanenti e variabili, che vengono anche utilizzati per la definizione della massa strutturale nell'Analisi agli Autovalori. Viene assegnato anche il coefficiente per carico da neve nel caso si utilizzi la Normativa ASCE 41-23 o TBDY.



### Modulo Azioni Statiche

## LIMITI DEL DRIFT INTERPIANO

Nelle NTC è possibile svolgere un'ulteriore verifica per gli stati limite di Operatività e di Danno, come meglio descritto nella sezione **Error! Reference source not found.** dell'Appendice A.3 – NTC-18. Attraverso questo modulo gli utenti sono chiamati ad indicare se le tamponature esterne dell'edificio possono essere considerate, o meno, rigidamente collegate alla struttura, in modo da poter specificare lo spostamento relativo di riferimento ad ogni piano. In alternativa, possono assegnare valori predefiniti, selezionando l'opzione Altra Modellazione.



### Modulo Limiti del Drift Interpiano



## SPOSTAMENTO TARGET

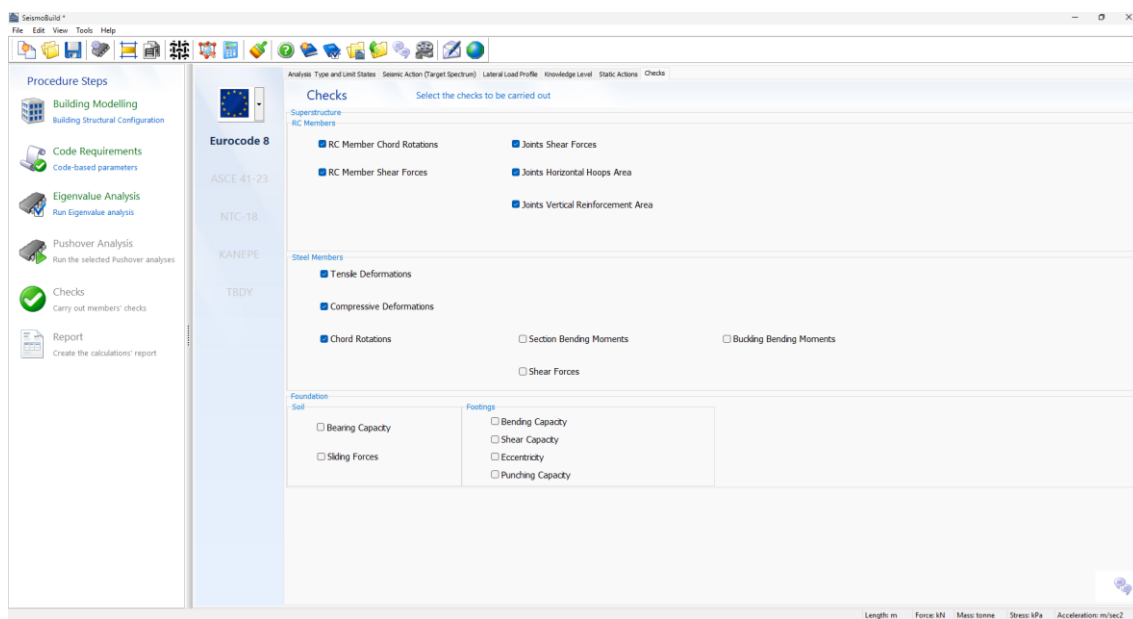
In questa scheda è necessario specificare la tipologia strutturale dell'edificio per un'opportuna definizione del fattore C2, preso in considerazione nei calcoli dello Spostamento Target della KANEPE (si prega di far riferimento alla sezione dell'Appendice A.4 – KANEPE). Si precisa che il fattore C2 tiene conto dell'influenza della forma del ciclo di isteresi in corrispondenza dello spostamento massimo.

## VERIFICHE

In questa scheda, infine, possono essere selezionate le verifiche che si intende eseguire, in accordo con la normativa selezionata, per gli elementi strutturali, per i nodi trave-pilastro e per fondazione. Le verifiche disponibili all'interno di tutte le normative impiegate nel programma sono le seguenti:

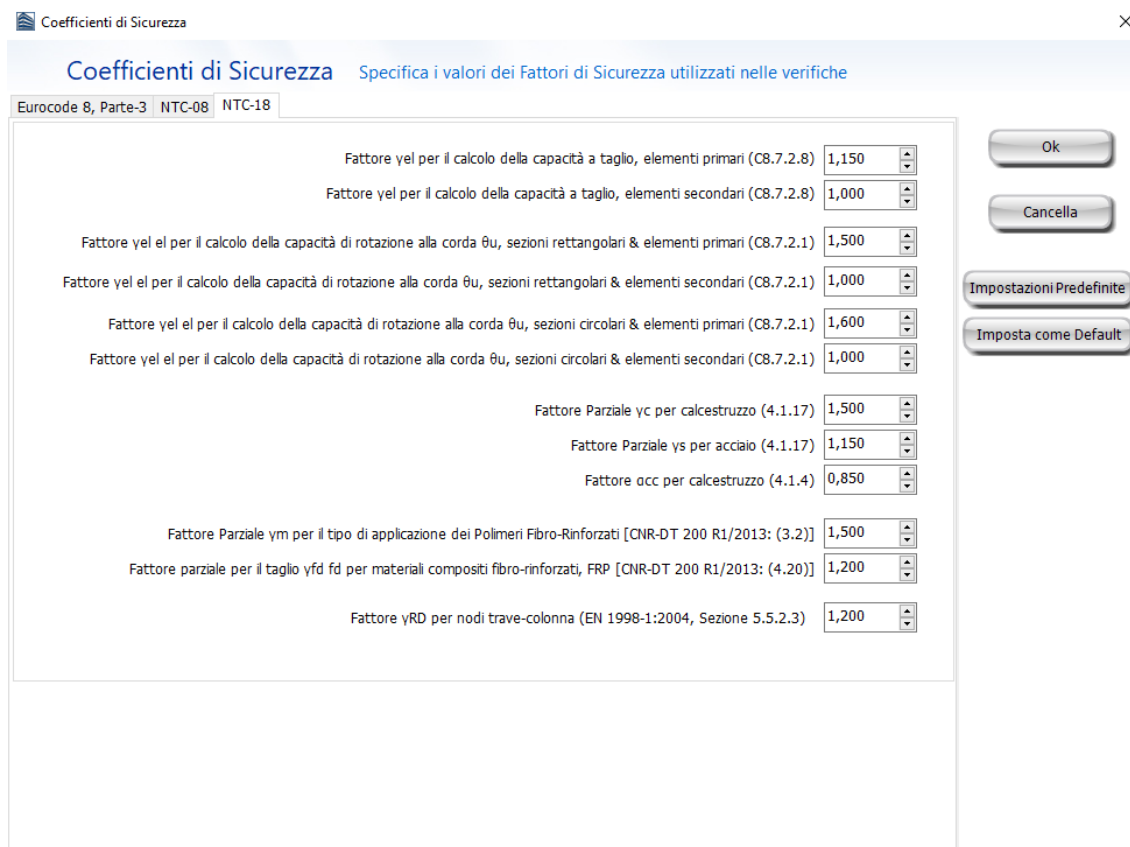
- Rotazioni di cerniera degli elementi
- Momenti flettenti degli elementi
- Forze di taglio degli elementi
- Deformazioni degli elementi (Solo per TBDY)
- Deformazioni a trazione degli elementi in acciaio
- Deformazioni a compressione degli elementi in acciaio
- Forze di trazione degli elementi in acciaio
- Forze di compressione degli elementi in acciaio
- Capacità di rotazione di cerniera degli elementi in acciaio
- Momenti flettenti degli elementi in acciaio
- Forze di taglio degli elementi in acciaio
- Deformazioni di taglio degli elementi in acciaio
- Momento flettente di instabilità degli elementi in acciaio
- Forze di taglio dei nodi (Eurocodice 8, ASCE 41-23 & TBDY)
- Area delle staffe orizzontali nei nodi (Solo per Eurocodice 8)
- Area dell'armatura verticale nei nodi (Solo per Eurocodice 8)
- Duttilità dei nodi
- Trazione diagonale nei nodi (NTC & KANEPE)
- Compressione diagonale nei nodi (NTC & KANEPE)
- Spostamenti interpiano (ASCE 41-23 & NTC)
- Capacità portante delle fondazioni (Eurocodice 8, NTC & KANEPE)
- Forze di scorrimento nelle fondazioni (Eurocodice 8, NTC & KANEPE)
- Capacità a rocking (momento) delle fondazioni (ASCE 41-23 & TBDY)
- Capacità a rocking (rotazione) delle fondazioni (ASCE 41-23 & TBDY)
- Capacità a flessione delle fondazioni
- Capacità a taglio delle fondazioni
- Capacità a punzonamento delle fondazioni

Eccentricità delle fondazioni Una descrizione più dettagliata delle verifiche, nonché le equazioni impiegate nel programma, sono disponibili nelle Verifiche e nei Modelli di Capacità per la Valutazione e le Verifiche, rispettivamente, dell'Appendice A.1 - EUROCODICI, Appendice A.2 – ASCE 41-23, Appendice A.3 – NTC-18, Appendice A.4 – KANEPE e Appendice A.5 – TBDY.



### Modulo Verifiche

I valori dei fattori di sicurezza usati nelle verifiche possono essere specificati per mezzo del corrispondente pulsante, così come le espressioni di normativa impiegate. I fattori di default del programma sono quelli definiti nella normativa selezionata.



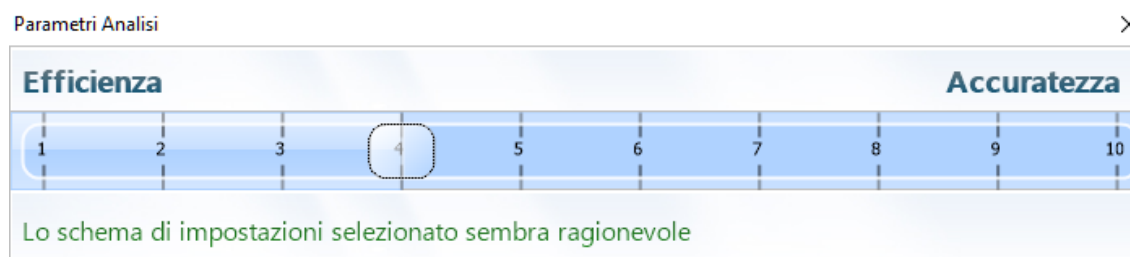
### Modulo Fattori di Sicurezza

# Parametri di Analisi e Modellazione

All'interno di questo modulo gli utenti sono in grado di definire tutti i parametri richiesti per i calcoli analitici nonlineari, selezionando uno schema di impostazioni predefinite, premendo sul pulsante **Impostazioni Avanzate** o facendo doppio click su uno specifico valore per aprire la corrispondente scheda nel modulo Impostazioni Avanzate.

## SCHEMI DI IMPOSTAZIONI

A causa della richiesta di conoscenze avanzate e specializzate per la maggior parte dei parametri di analisi (come i modelli dei materiali, le tipologie di elementi, le tolleranze dei criteri di convergenza, la modellazione del diaframma rigido), SeismoBuild mette a disposizione dieci schemi predefiniti che definiscono le più importanti impostazioni dei parametri di analisi.

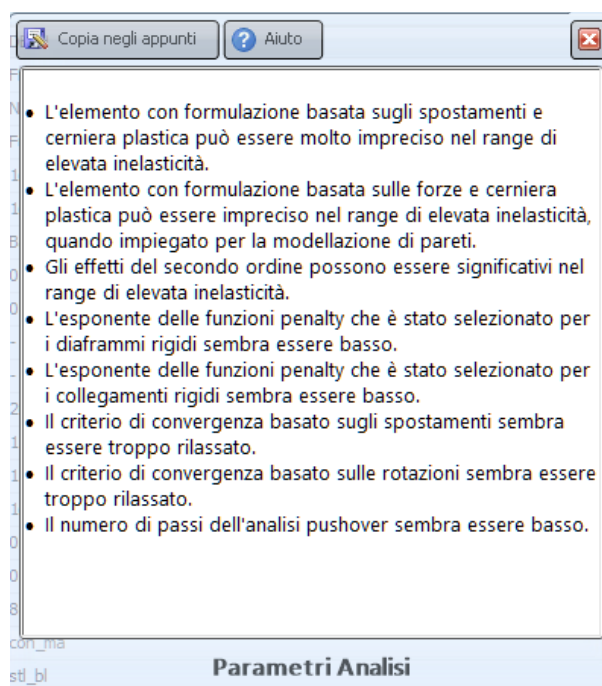


### Barra degli Schemi di Impostazioni

Questi schemi di impostazioni predefinite sono stati scelti in modo da soddisfare le esigenze di molteplici tipi di analisi e modelli, portando a soluzioni ottimizzate in termini di efficienza prestazionale e di accuratezza dei risultati. A seconda delle particolari caratteristiche ed esigenze di un modello, diversi schemi di impostazioni potrebbero adattarsi a differenti casi; il programma esegue un controllo interno ed emette un messaggio di avviso ogni volta che una o più impostazioni non sembrano soddisfare le esigenze di uno specifico progetto. I messaggi di avviso che potrebbero apparire sullo schermo sono i seguenti:

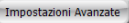
- *Lo schema delle impostazioni selezionato sembra ragionevole, il che significa che con la combinazione selezionata probabilmente gli utenti non incontreranno difficoltà di convergenza o problemi di accuratezza della soluzione durante le analisi;*
- *Criteri di convergenza rigidi.* Potrebbero insorgere problemi di convergenza; il programma avverte di possibili problemi di convergenza che potrebbero sorgere a causa dei rigidi criteri di convergenza che sono stati selezionati;
- *Criteri di convergenza molto rigidi.* Probabilmente sorgeranno problemi di convergenza; il programma avverte di possibili problemi di convergenza che probabilmente sorgeranno a causa dei criteri di convergenza eccessivamente rigidi che sono stati selezionati;
- *Criteri di convergenza rilassati.* Potrebbero insorgere problemi di precisione; il programma avverte di possibili problemi di precisione che potrebbero sorgere a causa dei criteri di convergenza selezionati;
- *Criteri di convergenza molto rilassati.* Potrebbero insorgere problemi di precisione; il programma avverte di possibili problemi di precisione che probabilmente sorgeranno a causa dei criteri di convergenza selezionati.

Quando uno schema di impostazioni selezionato non sembra essere ragionevole, sul lato destro della barra appare il pulsante *Guarda perché*. Cliccando su questo pulsante gli utenti sono in grado di vedere il motivo per cui lo schema di impostazioni selezionato non può essere applicato al modello, e quali specifiche impostazioni devono essere migliorate.



Finestra Guarda perché

## IMPOSTAZIONI AVANZATE

In ciascun progetto di SeismoBuild è possibile personalizzare sia le modalità di utilizzo del programma che le caratteristiche prestazionali dei procedimenti analitici in modo da gestire meglio le peculiarità di ciascun modello strutturale così come le esigenze di ciascun utente. Questa funzionalità del programma/progetto è selezionabile dal modulo *Parametri Analisi* oppure dal pannello *Impostazioni Avanzate*, che è accessibile attraverso il corrispondente pulsante .

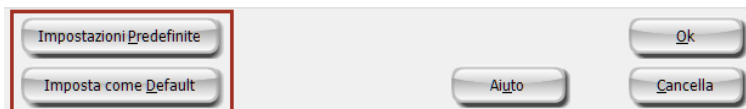
La finestra di dialogo *Impostazioni Avanzate* è suddivisa in una serie di schede, ciascuna delle quali permette di accedere ai diversi tipi di impostazioni, come descritto nel seguito:

- Generale
- Analisi
- Elementi
- Vincoli Interni
- Criteri di Convergenza
- Strategia Iterativa Globale
- Strategia Iterativa dell'Elemento
- Gravità e Massa
- Autovalori
- Modellazione Avanzata dell'Edificio
- Rigidezza Fessurata/Non Fessurata
- Generazione di Record
- Schema d'integrazione
- Smorzamento



Schede della finestra di dialogo Impostazioni Avanzate

Comuni a tutte le schede sono le opzioni *Impostazioni Predefinite* e *Imposta come Default* che si trovano nella parte inferiore della finestra di dialogo *Impostazioni di Progetto*. L'opzione *Imposta come Default* è utilizzata quando l'utente desidera definire delle impostazioni di default personalizzate, che verranno poi usate in tutti i nuovi progetti. L'opzione *Impostazioni Predefinite* può, invece, essere usata per ritornare ai valori di default originali del programma, ossia quelli presenti al momento dell'installazione. Si noti, comunque, che l'opzione *Impostazioni Predefinite* non modifica le impostazioni di default del programma, ma semplicemente carica le impostazioni di installazione nel progetto corrente. Quindi se l'utente ha precedentemente personalizzato le impostazioni del programma (usando l'opzione *Imposta come Default*) e desidera poi riportare il programma alle impostazioni di default originali, deve prima scegliere l'opzione *Impostazioni Predefinite* e poi quella *Imposta come Default*.



**Opzioni Impostazioni Predefinite e Imposta come Default**

**NOTA:** Per la maggior parte delle applicazioni, non c'è bisogno di modificare i valori di default delle *Impostazioni di Progetto*, in quanto questi sono stati scelti in modo da soddisfare le richieste standard dei tipi di analisi e dei modelli, portando ad ottimizzare le soluzioni in termini di efficienza delle prestazioni e di accuratezza dei risultati.

## Generale

Le impostazioni generali forniscono la possibilità di personalizzare l'utilizzo del programma in base alle preferenze e alle esigenze dell'utente.

### Output di Testo

Una volta attivata, l'opzione *Output di Testo* porterà alla creazione, alla fine di ogni analisi, di un file di testo (\*.out) contenente l'output dell'intera analisi (come indicato nel modulo Passi di Output). Questa funzione può risultare utile agli utenti che desiderano sistematicamente post-processare i risultati utilizzando un loro personale criterio di post-processamento. Per l'accesso occasionale all'output di testo, invece, gli utenti sono invitati a utilizzare le funzionalità rese disponibili nel modulo Passi di Output.

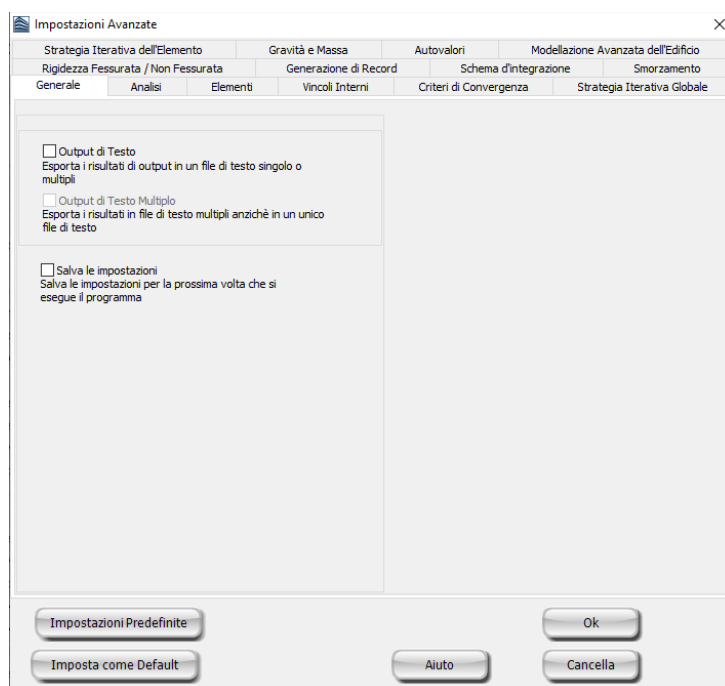
### Output di Testo Multiplo

Una volta attivata, l'opzione *Output di Testo Multiplo* porterà alla creazione di più file di testo (\*.out), piuttosto che di uno solo. Questa funzione può risultare utile quando si intende analizzare modelli di grandi dimensioni.

### Salva Impostazioni

L'opzione *Salva Impostazioni* viene utilizzata quando l'utente vuole che le impostazioni correnti di progetto siano sempre le impostazioni predefinite per ogni nuovo progetto. Con questa opzione selezionata, ogni modifica nelle impostazioni del progetto diventerà il default, senza la necessità di utilizzare l'opzione *Imposta come Default*.

**NOTA:** Normalmente, questa opzione è disabilitata in modo che le impostazioni di default possano essere cambiate solo se esplicitamente richiesto dall'utente (utilizzando l'opzione *Imposta come Default*).

**Scheda Generale**

## Analisi

Nella scheda *Analisi* possono essere specificate alcune opzioni relative all'analisi. In particolare, è possibile selezionare il tipo di solutore, nonché tenere in considerazione (o meno) le nonlinearità geometriche.

## Solutore

Oltre al risolutore di equazioni lineari, gli utenti possono selezionare se il carico iniziale, ad es. carichi statici strutturali, saranno applicati in uno solo o più passi nei tipi di analisi non lineare. L'opzione di default è applicare i carichi in un solo passo dell'analisi.

Inoltre, è disponibile l'opzione di eseguire l'analisi agli autovalori ad ogni passo nelle analisi non lineari. Gli utenti possono selezionare di eseguire un'analisi agli autovalori alla fine o molteplici volte durante le analisi non lineari.

Allo stato attuale gli utenti possono scegliere tra i seguenti differenti solutori:

- Il **Solutore Skyline** (decomposizione di Cholesky, algoritmo di ordinamento dei nodi Cuthill-McKee, formato di archiviazione Skyline);
- Il **Solutore Frontal** per sistemi sparsi, introdotto da Irons [1970] e caratterizzato dall'algoritmo di ordinamento automatico proposto da Izzuddin [1991].
- Il **Solutore Sparse/Profile** per sistemi sparsi, introdotto da Mackay et al. [1991] e caratterizzato da uno schema compatto di stoccaggio in fila utilizzando alberi di eliminazione proposto da Liu [1986].
- Il **Solutore Parallel Sparse/Profile** per sistemi sparsi, che è la versione parallela dell'algoritmo di Mackay et al. Il metodo è stato introdotto da Law e Mackay [1992].

Gli utenti possono scegliere tra queste quattro opzioni, o lasciare che il programma selezioni il solutore più appropriato in base alle caratteristiche del modello strutturale. Si noti che in generale i solutori Sparse/Profile sono considerevolmente più veloci, specialmente per modelli di grandi dimensioni. In particolare, la versione parallela è più efficiente per modelli strutturali più grandi di 500 nodi e oltre. Al contrario il metodo Skyline è tipicamente più stabile e può ammettere termini nulli sulla diagonale della matrice di rigidità.

Quando l'opzione automatica è selezionata, che è l'opzione di default, il programma effettua una verifica di stabilità e dimensioni prima dell'analisi. Se il modello non è molto piccolo (ad es. più grande di 25 nodi), e può girare con il solutore Sparse/Profile senza problemi di stabilità, allora viene impiegato questo metodo, altrimenti viene scelto il metodo Skyline, parallelo per più di 1000 nodi o in modalità seriale altrimenti.

**NOTA:** Gli utenti sono ovviamente invitati a fare riferimento alla letteratura esistente [ad esempio Cook et al. 1989; Zienkiewicz and Taylor 1991; Bathe 1996; Felippa 2004] per ulteriori dettagli su questi ed altri solutori diretti.

Infine, indipendentemente dalla versione seriale o parallela del solutore selezionato, l'utente può scegliere di eseguire diverse operazioni dell'analisi strutturale (verifiche iniziali, assemblaggio della matrice di rigidezza, verifiche basate sul codice e verifiche dei criteri prestazionali) in parallelo o meno. La parallelizzazione di queste operazioni può essere significativamente più veloce nei modelli più grandi e questa è l'opzione predefinita.

### Parametri Pushover

In questa finestra l'utente deve definire il numero di passi di analisi dell'Analisi lineari e non lineari, così come il massimo spostamento interpiano della struttura; l'opzione di default di quest'ultimo the default è il 2%, mentre il numero di passi dell'analisi pushover dipende dallo schema di impostazioni predefinite che è stato selezionato. Per lo schema di impostazioni di default (ossia il N°4) il valore di default è 50, valore ragionevole nella stragrande maggioranza dei casi. Possono essere utilizzati valori differenti per i passi di analisi e il massimo spostamento interpiano nelle direzioni X e Y.

### Nonlinearità Geometriche

Deselezionando questa opzione verrà disabilitata la formulazione della Nonlinearità geometrica descritta in Appendice B – Basi teoriche e ipotesi di modellazione, rendendo così l'analisi lineare dal punto di vista degli spostamenti/rotazioni; ciò può essere particolarmente utile per gli utenti che desiderino, a scopo di verifica, confrontare i risultati dell'analisi con i calcoli svolti a mano. Di default questa opzione è attiva per gli elementi intelaiati e disattivata per gli elementi in muratura.

È anche possibile eseguire le analisi considerando le proprietà elastiche lineari dei materiali. Per fare ciò, l'utente deve selezionare l'opzione "*Esegui con proprietà elastiche lineari*".

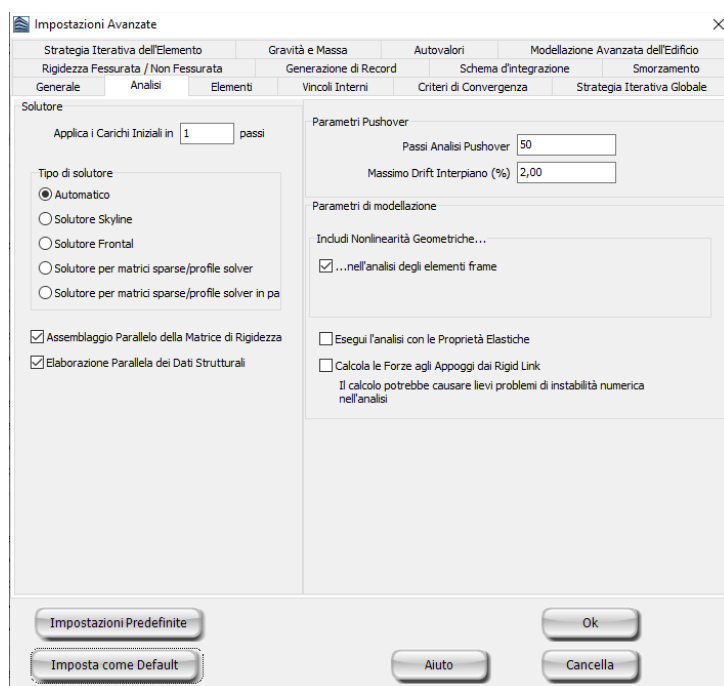
### Esegui con proprietà elastiche lineari

Selezionando questa opzione si disabilitano sia l'anelasticità del materiale che le non linearità geometriche, portando ad un'analisi totalmente lineare ed elastica. Per impostazione predefinita questa opzione è inattiva, ad eccezione dell'analisi dello spettro di risposta, quando è l'opzione predefinita.

**NOTA:** Quando gli utenti decidono di eseguire un'analisi considerando le proprietà elastiche lineari dei materiali (vedere l'opzione sopra descritta), devono tenere presente che, se gli elementi sono modellati utilizzando sezioni in c.a. ed elementi 'infrm', gli elementi infrm terranno conto della presenza dell'armatura; al contrario, se si utilizzano elementi 'elfrm', le loro proprietà vengono calcolate utilizzando il modulo elastico del calcestruzzo e le dimensioni della sezione, trascurando così l'effetto dell'armatura.

### Calcola le forze di supporto da collegamenti rigidi

Selezionando questa opzione si abilita il calcolo delle forze di supporto nei casi in cui alcuni GLD di un vincolo (collegamento rigido, diaframma rigido o uguale GDL) siano fissati con vincoli. Per impostazione predefinita questa opzione è inattiva, poiché questo calcolo può causare piccole instabilità numeriche.



### Scheda Analisi

## Elementi

In questo tab possono essere definite una serie di impostazioni e parametri relativi all'analisi degli elementi frame.

### Recupero degli Sforzi

Alcune formulazioni per gli elementi frame, come quelle attualmente impiegate in SeismoBuild per gli elementi frame elastici e inelastici, hanno lo svantaggio che, se gli spostamenti nodali sono nulli, saranno nulle anche le deformazioni, gli sforzi e le sollecitazioni interne (ad esempio, se si decide di modellare una trave completamente incastrata con un singolo elemento, e si applica un carico distribuito (tramite l'inserimento di una massa aggiuntiva), i momenti alle estremità saranno nulli, il che è chiaramente sbagliato). Per superare questo limite, è comune, per i programmi agli elementi finiti, di utilizzare i cosiddetti algoritmi di Recupero degli Sforzi, che permettono di recuperare le corrette forze interne di un elemento sottoposto a carico distribuito, anche se i suoi nodi non si spostano. Si noti, tuttavia, che (i) tali algoritmi non provvedono al recupero dei valori corretti di sforzi e deformazioni, dato che questi sono caratterizzati da una storia di risposta nonlineare, e (ii) rallenterà notevolmente le analisi di modelli di grandi dimensioni.

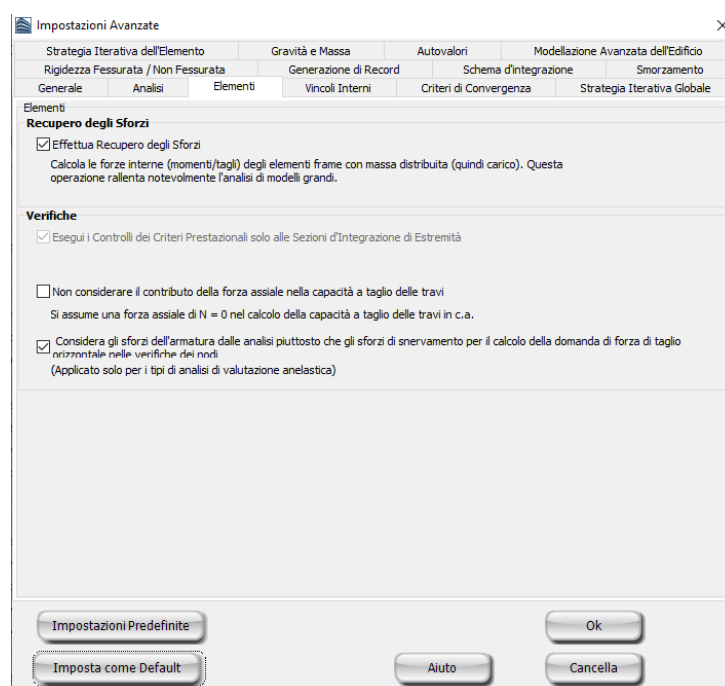
### Non considerare il contributo della forza assiale nella capacità a taglio delle travi

Attivando questa opzione viene fornita la possibilità di effettuare le verifiche a taglio ignorando la forza assiale effettiva applicata sull'elemento. Questa caratteristica è particolarmente importante per le verifiche di capacità a taglio delle travi, soprattutto quando l'interazione tra le travi in c.a. modellate mediante elementi a fibre e il diaframma rigido adottato per simulare la soletta in calcestruzzo (configurazione molto comune negli edifici in c.a.) può causare nelle travi lo sviluppo di indesiderate forze assiali fittizie.



### Considerare le sollecitazioni dell'armatura sotto forma di analisi piuttosto che le sollecitazioni di snervamento per il calcolo della domanda di forza di taglio orizzontale nelle Verifiche dei Nodi

Questa è un'opzione utilizzata solo nei metodi di analisi non lineari. Se questa opzione è selezionata, i calcoli per la richiesta di forza di taglio orizzontale nelle verifiche dei nodi vengono eseguiti utilizzando le sollecitazioni effettive delle armature (come calcolate dalle analisi non lineari), piuttosto che le sollecitazioni a snervamento, che sono considerate nella calcoli tipici per analisi lineari che utilizzano la filosofia del *Capacity Design*.



Scheda Elementi

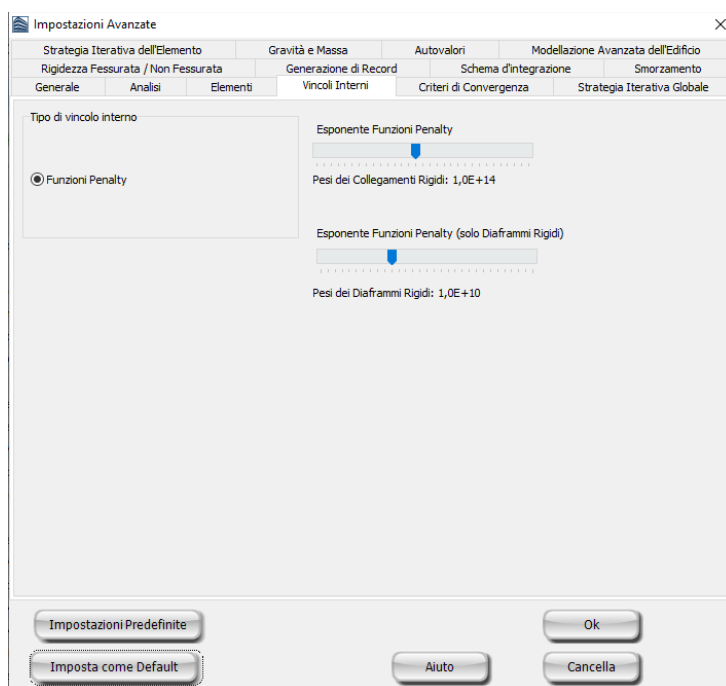
### Vincoli Interni

Nei programmi di analisi strutturale i vincoli interni sono tipicamente implementati mediante l'utilizzo di (i) **Trasformazioni geometriche**, (ii) **Funzioni di Penalizzazione** (Penalty), o (iii) i **Moltiplicatori di Lagrange**. Nelle analisi geometricamente nonlineari (grandi spostamenti/rotazioni), tuttavia, il primo di questi tre tende a portare a difficoltà di convergenza numerica, per cui solo gli ultimi due sono comunemente impiegati. In SeismoBuild è stato implementato il secondo metodo.

**NOTA:** I lettori sono invitati a fare riferimento alla letteratura esistente [ad esempio Cook et al., 1989; Felippa, 2004] per ulteriori informazioni su questo argomento.

In questo contesto si vuol semplicemente notare che le **Funzioni di Penalizzazione** hanno il vantaggio di non introdurre nuove variabili (e quindi la matrice di rigidezza non aumenta e rimane definita positiva), quindi non aumentano notevolmente la larghezza di banda delle equazioni strutturali [Cook et al., 1989].

**NOTA:** Felippa [2004] suggerisce che il valore ottimale delle Funzioni di Penalizzazione dovrebbe essere la media tra la rigidezza massima e la precisione dei processori (1e20, nel caso di SeismoBuild).



**Scheda Vincoli Interni**

## Criteri di Convergenza

### Tipologia di Criterio per la Verifica della Convergenza

In SeismoBuild sono disponibili quattro schemi per la verifica della convergenza della soluzione alla fine di ogni iterazione:

- Criterio basato sugli Spostamenti/Rotazioni;
- Criterio basato sulle Forze/Momenti;
- Criterio basato sugli Spostamenti/Rotazioni E Forze/Momenti;
- Criterio basato sugli Spostamenti/Rotazioni O Forze/Momenti.

**NOTA:** Si fa presente all'utente che non è possibile scegliere i parametri dei criteri di convergenza in modo tale che funzionino per qualunque tipo di analisi. I valori di default di SeismoBuild solitamente risultano adeguati per la maggior parte delle applicazioni, ma può essere necessario modificarli per alcuni progetti particolarmente impegnativi, in cui si verificano forti irregolarità nella risposta (ad esempio grosse differenze in termini di rigidità, instabilità di alcuni elementi strutturali, cambiamenti drastici nella forma ed intensità dei carichi, ecc.). A titolo di esempio, si noti che un controllo di convergenza più restrittivo può migliorare la stabilità numerica, impedendo alla struttura di seguire un percorso di risposta meno stabile e incorretto, ma, se troppo restrittivo, può anche rendere quasi impossibile il raggiungimento della convergenza.

### Criterio basato sugli Spostamenti/Rotazioni

La verifica che, in corrispondenza di ogni grado di libertà della struttura, il valore di spostamento/rotazione all'iterazione corrente sia minore o uguale della tolleranza specificata dall'utente, dà all'utente stesso il controllo diretto del grado di precisione o, al contrario, di approssimazione, adottato nella soluzione del problema. Inoltre, per la maggior parte delle analisi, tale verifica di precisione locale è anche sufficiente a garantire l'accuratezza globale della soluzione ottenuta.

Perciò questo criterio di convergenza è scelto come opzione di default in SeismoBuild, con una tolleranza di spostamento di 0.0001 m e una tolleranza di rotazione di  $1e-4$  radianti, che comporta soluzioni stabili e precise nella maggior parte dei casi.

**Scheda Criteri di Convergenza – Spostamenti/Rotazioni**

#### **Criterio basato sulle Forze/Momenti**

Ci sono occasioni in cui l'uso della verifica di convergenza in termini di spostamento/rotazione non è sufficiente a garantire una soluzione numericamente accurata e stabile, per il fatto che l'equilibrio in termini di spostamento/rotazione non garantisce, in tali casi, l'equilibrio in forza/momento. Questo è il comportamento tipico, ad esempio, di sistemi strutturali semplici (ad esempio una mensola verticale) dove la convergenza in spostamento/rotazione è ottenuta, vista la semplicità del sistema e della sua deformata, con poche iterazioni, che però possono non essere sufficienti per bilanciare adeguatamente le forze interne degli elementi. In modo particolare, quando si utilizza una sezione di una parete in cemento armato, la distribuzione degli sforzi/deformazioni attraverso la sezione può assumere andamenti molto complessi in virtù della sua notevole larghezza, richiedendo quindi un numero più elevato di iterazioni per raggiungere l'equilibrio. In questi casi, se non viene imposta la verifica a convergenza in forza/momento, la risposta della struttura risulterà irregolare, con un'irrealistica improvvisa variazione di momenti/forze (ad esempio nell'analisi pushover si otterranno curve di risposta in forza-spostamento ondeggianti). Come descritto nell'Appendice B, in questo caso viene imposta una tolleranza globale adimensionale con valore di default pari a  $1e-3$ .

**NOTA: I criteri basati sulle forze causeranno problemi numerici e difficoltà di convergenza quando impiegati insieme alle Funzioni di Penalizzazione. In questi casi si suggerisce di impiegare il metodo dei Moltiplicatori di Lagrange.**

Impostazioni Avanzate

Strategia Iterativa dell'Elemento | Gravità e Massa | Autovalori | Modellazione Avanzata dell'Edificio | Rigidezza Fessurata / Non Fessurata

Generale | Analisi | Elementi | Vincoli Interni | Criteri di Convergenza | Strategia Iterativa Globale

Tipo di Criterio di Controllo della Convergenza  
basato su Forze/Momenti

Criterio basato su spostamenti/rotazioni  
Tolleranza per lo spostamento (m): 0,0001  
Tolleranza per la Rotazione (rad): 0,0001

Criterio basato su forze/momenti  
Valore della Forza di Riferimento (kN): 0,001  
Valore del Momento di Riferimento (kNm): 0,001

Generale  
☒ Mostra Criticità di Convergenza nel Post-Processore  
☒ Adattamento Automatico delle Regole di Convergenza  
Massimo Incremento Accettabile delle Regole: 100

Nota: Le impostazioni di Convergenza non sono utilizzate nell'analisi agli autovalori

Impostazioni Predefinite | Imposta come Default | Aiuto | Ok | Cancella

### Scheda Criteri di Convergenza – Forze/Momenti

#### Criterio basato sugli Spostamenti/Rotazioni E Forze/Momenti

Tenendo in considerazione le discussioni fatte sopra, risulta chiaro che una massima accuratezza e un controllo della soluzione dovrebbero essere ottenuti combinando i criteri di convergenza in spostamento/rotazione e forza/momento. Questa opzione, comunque, non è quella di default in quanto il criterio basato su forze/momenti può, in alcuni casi, creare dei problemi nei modelli in cui sono modellate connessioni infinitamente rigide con gli elementi link, come discusso nell'Appendice B. In ogni caso questo rimane il più stringente criterio di controllo della convergenza e dell'accuratezza disponibile in SeismoBuild: si raccomanda quindi all'utente esperto di trarne vantaggio quando l'accuratezza dell'analisi risulti essere di primaria importanza.

Impostazioni Avanzate

Strategia Iterativa dell'Elemento | Gravità e Massa | Autovalori | Modellazione Avanzata dell'Edificio | Rigidezza Fessurata / Non Fessurata

Generale | Analisi | Elementi | Vincoli Interni | Criteri di Convergenza | Strategia Iterativa Globale

Tipo di Criterio di Controllo della Convergenza  
basato su Spostamenti/Rotazioni E Forze/Momenti

Criterio basato su spostamenti/rotazioni  
Tolleranza per lo spostamento (m): 0,0001  
Tolleranza per la Rotazione (rad): 0,0001

Criterio basato su forze/momenti  
Valore della Forza di Riferimento (kN): 0,001  
Valore del Momento di Riferimento (kNm): 0,001

Generale  
☒ Mostra Criticità di Convergenza nel Post-Processore  
☒ Adattamento Automatico delle Regole di Convergenza  
Massimo Incremento Accettabile delle Regole: 100

Nota: Le impostazioni di Convergenza non sono utilizzate nell'analisi agli autovalori

Impostazioni Predefinite | Imposta come Default | Aiuto | Ok | Cancella

### Scheda Criteri di Convergenza – Spostamenti/Rotazioni E Forze/Momenti

### Criterio basato sugli Spostamenti/Rotazioni O Forze/Momenti

Quest'ultimo criterio di convergenza lascia all'utente la massima flessibilità in termini di stabilità dell'analisi, in quanto la convergenza è raggiunta quando uno dei due criteri è verificato. Questa opzione è fortemente raccomandata quando lo scopo principale dell'analisi è arrivare ad una particolare soluzione finale e, almeno momentaneamente, l'accuratezza assume un ruolo secondario.

Impostazioni Avanzate

Strategia Iterativa dell'Elemento | Gravità e Massa | Autovalori | Modellazione Avanzata dell'Edificio | Rigidezza Fessurata / Non Fessurata

Generale | Analisi | Elementi | Vincoli Interni | Criteri di Convergenza | Strategia Iterativa Globale

Tipo di Criterio di Controllo della Convergenza  
basato su Spostamenti/Rotazioni O Forze/Momenti

Criterio basato su spostamenti/rotazioni  
Tolleranza per lo spostamento (m): 0,0001  
Tolleranza per la Rotazione (rad): 0,0001

Criterio basato su forze/momenti  
Valore della Forza di Riferimento (kN): 0,001  
Valore del Momento di Riferimento (kNm): 0,001

Generale  
☒ Mostra Criticità di Convergenza nel Post-Processore  
☒ Adattamento Automatico delle Regole di Convergenza  
Massimo Incremento Accettabile delle Regole: 100

Nota: Le impostazioni di Convergenza non sono utilizzate nell'analisi agli autovalori

Impostazioni Predefinite | Imposta come Default | Aiuto | Ok | Cancella

### Scheda Criteri di Convergenza – Spostamenti/Rotazioni O Forze/Momenti

#### Generale

Gli utenti possono selezionare se visualizzare nel Post-Processore i problemi di convergenza, che possono sorgere durante l'analisi. Come opzione di default vengono mostrati i problemi di convergenza dell'analisi pushover nel Post-Processore.

#### Adattamento Automatico dei Criteri di Convergenza

Se questa opzione è selezionata, in particolari passi dell'analisi, in cui la convergenza è difficile da raggiungere, il programma può incrementare in modo automatico ed intelligente i criteri di convergenza definiti al fine di permettere l'effettiva convergenza e consentire al programma di passare allo step successivo dell'analisi. Al fine di evitare incrementi infiniti del valore dei criteri di convergenza, è possibile impostare un limite (*Massimo Incremento Accettabile delle Regole*), selezionando un'opzione dal corrispondente menu a discesa. L'opzione di default permette l'adattamento automatico dei criteri di convergenza.

#### Strategia Iterativa Globale

In SeismoBuild, tutte le analisi sono trattate come potenzialmente nonlineari e quindi in tutti i casi (ad eccezione del problema agli autovalori) viene applicata una procedura di soluzione iterativa incrementale in cui i carichi sono applicati in incrementi predefiniti ed equilibrati tramite procedure iterative. Le modalità di funzionamento ed il background teorico di questo algoritmo di soluzione sono descritti nella sezione *Procedura di soluzione di problemi nonlineari* nell'Appendice B, alla quale l'utente può riferirsi per approfondire il significato dei parametri descritti nel seguito.

### Numero massimo di iterazioni

Questo parametro definisce il numero massimo di iterazioni da utilizzare in ciascun incremento di carico (passo dell'analisi). Il valore di default è 40, che dovrebbe essere appropriato per la maggior parte delle applicazioni pratiche. Qualora, però, la struttura risultasse soggetta a livelli estremamente elevati di nonlinearietà geometrica e/o del materiale, può essere necessario aumentare questo valore.

### Numero di aggiornamenti della rigidezza

Questo parametro definisce il numero di iterazioni, dall'inizio dell'incremento, in cui la matrice di rigidezza tangente della struttura è ricalcolata e aggiornata. Vale la pena notare che assegnare valore nullo a questo parametro significa adottare la procedura di Newton-Raphson modificato (mNR), mentre assegnare un valore pari al numero di iterazioni significa trasformare la procedura nel metodo di Newton-Raphson (NR).

Solitamente il numero ideale di aggiornamenti della rigidezza è compreso fra il 50% e il 75% del numero massimo di iterazioni nell'incremento, fornendo un ottimo bilanciamento fra la riduzione del tempo computazionale e la stabilità derivante dal non-aggiornamento della matrice di rigidezza e il corrispondente aumento dell'onere computazionale dovuto alla necessità di ulteriori iterazioni per raggiungere la convergenza. Il valore di default del parametro, 35, è tuttavia leggermente più conservativo, e porta all'adozione di una procedura di soluzione ibrida, a metà tra gli approcci classici NR e mNR (si veda anche la discussione al paragrafo *Algoritmo iterativo incrementale* dell'Appendice B).

### Iterazione di Divergenza

Questo parametro definisce l'iterazione dopo la quale si attivano le verifiche di divergenza e di previsione delle iterazioni (si veda il paragrafo *Divergenza e previsione dell'iterazione* per ulteriori dettagli). In tutte le successive iterazioni, se la soluzione risulta divergere o se viene superato il numero previsto di iterazioni richieste, le iterazioni nell'incremento corrente sono interrotte, viene ridotto l'incremento di carico (o il passo di tempo) e l'analisi è ripresa dal precedente punto di equilibrio (fine del precedente incremento o passo di analisi).

Mentre queste due verifiche sono solitamente molto utili per evitare il calcolo di inutili iterazioni di equilibrio nei casi in cui la mancanza di convergenza diventa evidente ai primi passi di un dato incremento di carico, è molto difficile se non impossibile raccomandare un valore ideale che funzioni per tutti i tipi di analisi. Infatti, se l'iterazione di divergenza è troppo bassa può non permettere che problemi altamente non lineari giungano a convergenza, mentre un valore troppo alto può portare la soluzione verso modi numericamente spuri dai quali la convergenza non può mai essere raggiunta. Un valore intorno al 75% del numero massimo di iterazioni in un incremento fornisce di solito un buon punto di partenza. Il valore di default per lo schema di impostazioni predefinite, che dovrebbe funzionare bene per la maggior parte delle applicazioni pratiche, è posto pari a 35.

### Massima tolleranza

Come discusso nel paragrafo *Instabilità Numerica*, ad ogni iterazione, all'inizio di ogni incremento di carico, è controllata la possibilità che la soluzione diventi numericamente instabile, paragonando la norma euclidea dei carichi non bilanciati (si veda l'Appendice B per dettagli su questa norma) con una predefinita massima tolleranza (per la maggior parte degli schemi di impostazioni predefinite è posta pari a **1e20**), di diversi ordini di grandezza maggiore del vettore di carico applicato. Se la norma non bilanciata supera questa tolleranza, allora la soluzione è ritenuta numericamente instabile, le iterazioni nell'incremento corrente sono interrotte, l'incremento del carico (o passo di tempo) è ridotto e l'analisi è ripresa dall'ultimo punto di equilibrio (fine del precedente incremento o del passo di analisi).

### Riduzione Massima del Passo

Nel caso di mancata convergenza, divergenza della soluzione o instabilità numerica, l'*Algoritmo di regolazione automatica del passo* di SeismoBuild impone una riduzione dell'incremento di carico o del passo di tempo prima che l'analisi venga ripresa dall'ultimo punto di equilibrio (fine del precedente incremento o passo di analisi).

Comunque, al fine di evitare che analisi mal condizionate (ossia che non raggiungono mai la convergenza) continuino a girare indefinitamente, un fattore di *riduzione massima del passo* viene imposto e verificato dopo ciascuna riduzione automatica del passo. In altre parole, il nuovo passo di analisi ridotto automaticamente viene confrontato con l'incremento di carico iniziale o con il passo di tempo definito dall'utente all'inizio dell'analisi, e se il rapporto tra il primo e il secondo è più piccolo del valore della riduzione massima del passo allora l'analisi viene terminata. Il **valore di default** di questo parametro, per la maggior parte degli schemi di impostazioni predefinite, è **0.001**: significa che se le difficoltà di convergenza portano all'adozione di un passo di analisi che è 1000 volte più piccolo del valore iniziale di incremento di carico o del passo di tempo specificato dall'utente, allora il problema è ritenuto malcondizionato e l'analisi viene terminata.

### Numero minimo di iterazioni

Questo parametro definisce il numero minimo di iterazioni da effettuare all'interno di ogni incremento di carico (passo dell'analisi). Il **valore di default** di questo parametro, per la maggior parte degli schemi di impostazioni predefinite, è **1**. Attraverso questo parametro è possibile ottenere una migliore convergenza quando il criterio basato sugli spostamenti è allentato e quello basato sulle forze è molto stretto (questo accade in modelli piccoli nella regione altamente anelastica).

### Moltiplicatori di Incremento/Decremento del passo

L'*algoritmo di regolazione automatica del passo* in SeismoBuild comporta la possibilità di utilizzare riduzioni adattive del passo di analisi, che dipendono dal livello di non-convergenza verificato. Quando la soluzione ottenuta è molto lontana dalla convergenza, viene utilizzato un moltiplicatore grande del decremento del passo (default = 0.125, cioè l'incremento nell'analisi corrente verrà suddiviso in 8 incrementi uguali prima che l'analisi venga ripresa). Se, d'altra parte, la soluzione è molto vicina alla convergenza, allora si utilizza un moltiplicatore piccolo del decremento del passo (default = 0.5, cioè l'incremento nell'analisi corrente verrà applicato in successione in due passi). Nei casi intermedi si utilizza invece un moltiplicatore medio del decremento del passo (default = 0.25, cioè l'incremento nell'analisi corrente verrà suddiviso in quattro carichi uguali).

Come anche descritto al paragrafo *Regolazione automatica dell'incremento di carico*, una volta che la convergenza viene raggiunta, l'incremento di carico o il passo di tempo possono essere aumentati gradualmente fino ad una dimensione pari al valore iniziale specificato dall'utente. Questo viene realizzato tramite l'uso di un fattore di incremento del passo. Quando l'analisi converge in maniera efficiente (dettagli in Appendice B), si utilizza un moltiplicatore piccolo dell'incremento del passo (default = 1.0, cioè l'incremento nell'analisi corrente rimarrà invariato nei passi successivi). Se, d'altra parte, la soluzione convergente è stata ottenuta in maniera altamente inefficiente (dettagli in Appendice B), allora si utilizza un moltiplicatore grande dell'incremento del passo (default = 2.0, cioè l'incremento di carico corrente sarà raddoppiato). Nei casi intermedi un moltiplicatore medio dell'incremento del passo viene invece utilizzato (default = 1.5, cioè un incremento del 50% sarà applicato al passo corrente dell'analisi).

**Scheda Strategia Iterativa Globale**

**NOTA:** Si fa presente all'utente che non è possibile scegliere i parametri incrementali/iterativi in modo tale che funzionino per qualunque tipo di analisi. I valori di default degli schemi di impostazioni predefinite di SeismoBuild solitamente risultano adeguati per la maggior parte delle applicazioni, ma può essere necessario modificarli per alcuni progetti particolarmente impegnativi, in cui si verificano forti irregolarità nella risposta (ad esempio grosse differenze in termini di rigidità, instabilità di alcuni elementi strutturali, cambiamenti drastici nella forma ed intensità dei carichi, ecc.). A titolo di esempio, si noti che un incremento del carico più piccolo può migliorare la stabilità numerica, impedendo alla struttura di seguire un percorso di risposta meno stabile e incorretto, ma, se troppo piccolo, può anche rendere quasi impossibile il raggiungimento della convergenza. Gli utenti che incontrassero dei problemi sono invitati a consultare il *Technical Support Forum*, dove sono forniti ulteriori suggerimenti.

## Strategia Iterativa dell'elemento

### Tipo di Elemento con formulazione basata sulle forze / Tipo di Elemento con formulazione basata sulle forze e con cerniera plastica

Il singolo elemento frame con formulazione basata sulle forze richiede un certo numero di iterazioni da effettuare per il raggiungimento dell'equilibrio interno [e.g. Spacone et al. 1996; Neuenhofer and Filippou 1997]. Il numero massimo di tali iterazioni cicliche, insieme ai corrispondenti criteri di convergenza (in forze) o la tolleranza, possono essere definiti qui:

- **Tolleranza Convergenza Ciclo Elemento.** Il valore di default è  $1e-5$  (gli utenti possono aver bisogno di allentare questo valore nel caso di difficoltà di convergenza --> es.  $1e-4$ );
- **Iterazioni Massime Ciclo Elemento (*elm\_ite*).** Il valore di default è 300 (sebbene questo sia già un valore molto grande (in genere non più di 30 iterazioni sono necessarie per raggiungere la convergenza), gli utenti potrebbe avere il bisogno di aumentarlo a 1000 in caso di messaggi di errore *elm\_ite* persistenti).



Durante l'esecuzione dell'analisi, i messaggi *elm\_inv* e *elm\_ite* potrebbero apparire nel registro di analisi, indicando, rispettivamente, che la matrice di rigidezza dell'elemento non può essere invertita o che è stato raggiunto il numero massimo di iterazioni cicliche dell'elemento. In entrambi i casi, l'incremento di carico globale viene suddiviso, a meno che non sia stata disattivata dall'utente l'opzione 'Non consentire forze elemento non equilibrate in caso di *elm\_ite*'.

Gli utenti, inoltre, possono consentire alle forze dell'elemento di essere fornite come output e passate al vettore globale delle forze interne al raggiungimento del numero massimo di iterazioni, anche se la convergenza non è stata raggiunta. Questa opzione non predefinita può facilitare la convergenza dell'analisi a livello globale/della struttura, in quanto evita la suddivisione dell'incremento di carico (si noti che le forze non bilanciate dell'elemento vengono poi equilibrate nelle iterazioni successive).

### Tipo di Elemento con formulazione basata sugli Spostamenti con Cerniera Plastica

Siccome l'elemento è costituito da una serie di tre sotto-elementi (due link alle estremità dell'elemento e un elemento frame elastico nel mezzo) è richiesta una strategia iterativa, per raggiungere l'equilibrio interno.

I parametri richiesti per la strategia iterativa dell'elemento sono le iterazioni minime e massime permesse, e il valore assunto per le norme di convergenza. Si prega di notare che è stato fornito di default un valore relativamente piccolo per il massimo numero di iterazioni, siccome si è osservato che si raggiunge tipicamente la convergenza con un numero limitato di iterazioni. Quindi, se la convergenza non viene raggiunta relativamente in fretta, è molto probabile che la convergenza non sarà raggiunta.

**Scheda Strategia Iterativa dell'Elemento**

### Gravità e Massa

Il peso specifico dei materiali viene definito automaticamente dal programma per il calcolo della massa propria (distribuita) della struttura. Inoltre, nelle sezioni delle Travi, è possibile assegnare anche un carico distribuito aggiuntivo, che servirà per definire qualsiasi altro carico non associato al peso proprio della struttura (es. finiture, tamponamenti, carichi variabili, ecc.).

Infine, i carichi del solaio (peso proprio, carico permanente portato e carichi variabili) sono applicati direttamente alle travi che sorreggono il solaio.

In questa scheda gli utenti possono definire quali gradi di libertà sono da considerare nelle analisi.

### Impostazioni di Massa

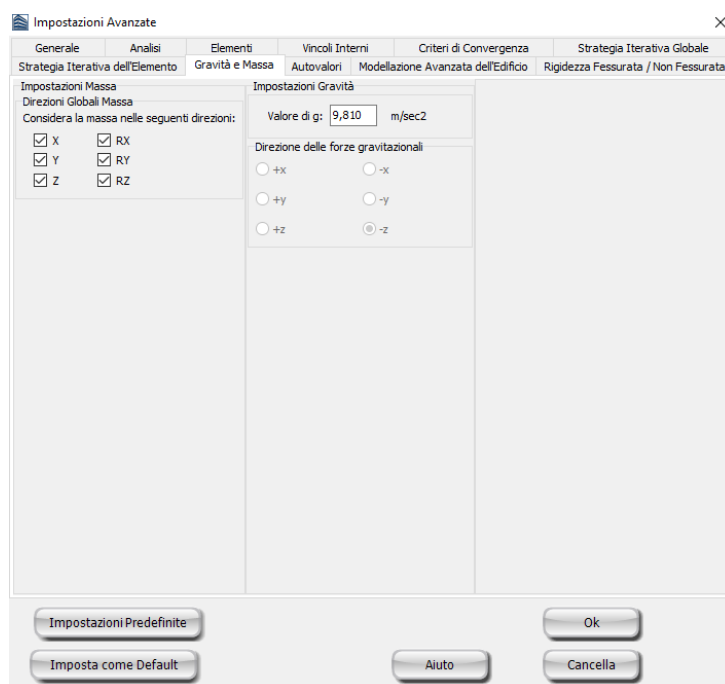
Durante l'esecuzione delle analisi, a volte può tornare utile vincolare internamente i gradi di libertà dinamici ad alcune direzioni di interesse, al fine di accelerare l'analisi o evitare lo sviluppo di modi di risposta spuri in quelle direzioni dove la mesh strutturale non è stata intenzionalmente raffinata. Ciò può essere fatto in questa finestra, deselezionando i gradi di libertà che non interessano (per impostazione predefinita, tutti i gradi di libertà sono attivi, cioè selezionati).

### Impostazioni di Gravità

In SeismoBuild i carichi sono definiti esplicitamente nei moduli **Solai** e **Travi** del *Modellatore Edifici*.

L'utente può anche definire il valore dell'accelerazione di gravità 'g' (che deve essere moltiplicato per le masse per ottenere i carichi permanenti). Chiaramente, per la maggior parte delle applicazioni standard, i valori di default ( $g=9,81 \text{ m/s}^2$ , considerato nella direzione -z) non devono essere modificati.

**NOTA:** Lo strumento di Recupero degli sforzi (*Impostazioni Avanzate > Elementi > Effettua Recupero degli Sforzi*) può essere utilizzato per recuperare le corrette forze interne quando sono definiti carichi distribuiti (attraverso la definizione del peso specifico del materiale o della massa aggiuntiva della sezione/elemento).



Scheda Gravità e Massa

### Autovalori

Ogni volta che è necessario eseguire un'analisi agli autovalori o una pushover adattiva per determinare i modi di vibrare di una struttura, gli utenti possono scegliere tra due diversi solutori: l'**Algoritmo di Lanczos** presentato da Hughes [1987] o l'**Algoritmo di Jacobi con la trasformazione di Ritz**. Quando è selezionata l'opzione automatica sarà utilizzato l'algoritmo più adatto in base al numero di gradi di libertà dell'edificio. Ogni algoritmo è descritto in dettaglio qui di seguito.

## Algoritmo di Lanczos

I seguenti parametri sono impiegati per controllare il modo in cui funziona questo solutore:

- **Numero di autovalori.** È il numero massimo di autovalori richiesto dall'utente. Il valore predefinito è 10, che normalmente garantisce che, almeno per le configurazioni strutturali standard, tutti i modi di interesse siano adeguatamente catturati. Gli utenti potrebbero desiderare di aumentare questo parametro durante l'analisi di edifici irregolari 3D oppure di ponti, ossia quando si potrebbero trovare modi di interesse oltre la 10° soluzione-Eigen.
- **Numero massimo di passi.** È il numero massimo di passi richiesti per il raggiungimento della convergenza. Il valore predefinito è 50, sufficientemente grande da garantire il raggiungimento della soluzione, per la maggior parte delle configurazioni strutturali.

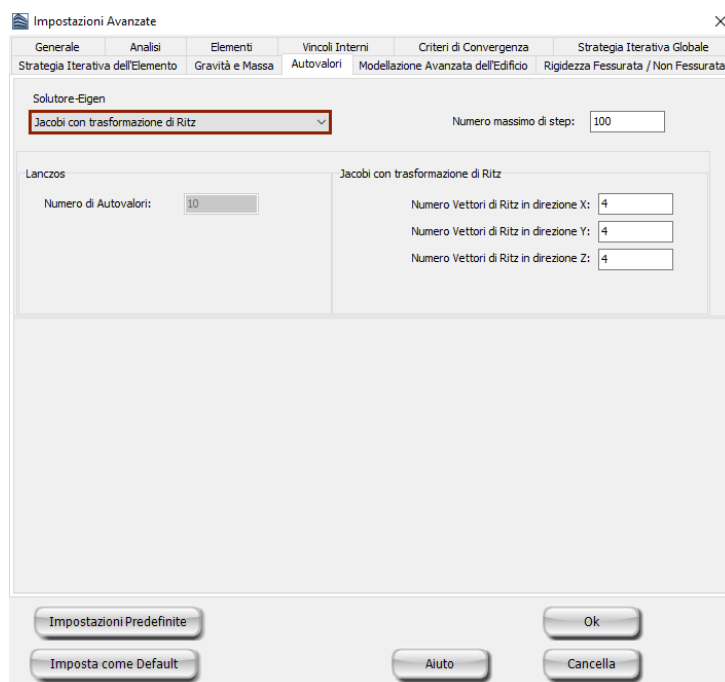
Scheda Autovalori – Algoritmo di Lanczos

## Algoritmo di Jacobi con trasformazione di Ritz

L'utente può specificare:

- **Numero dei vettori di Ritz (cioè modi)** da generare in ogni direzione (X, Y e Z). Questo numero non può eccedere il numero dei gdl.
- **Numero massimo di passi.** Il valore predefinito è 50 e, in generale, rimane inalterato.

**NOTA:** Gli utenti devono assicurarsi che il numero totale di vettori di Ritz nelle diverse direzioni non superi il corrispondente numero di gradi di libertà (o di modi significativi), altrimenti verranno generate forme modali irrealistiche.



**Scheda Autovalori – Algoritmo di Jacobi**

## Modellazione Avanzata dell'Edificio

In questa scheda vengono definite le tipologie di materiali (calcestruzzo e acciaio) e le tipologie di elementi frame che verranno impiegate per modellare gli elementi strutturali in SeismoBuild, insieme ad una serie di ulteriori opzioni di modellazione, come la modellazione degli **offsets nei nodi trave-pilastro**, la **discretizzazione dei solai** e la determinazione del **nodo di controllo**.

### Modellazione dei Materiali

Nella scheda *Modellazione Avanzata dell'Edificio* è possibile definire i materiali che si intende utilizzare all'interno di un progetto di SeismoBuild. In SeismoBuild sono disponibili otto tipologie di materiali, quattro per il calcestruzzo e quattro per l'acciaio. L'elenco completo dei materiali è proposto nel seguito:

- Modello di Mander et al. per calcestruzzo - con\_ma
- Modello trilineare per calcestruzzo - con\_tl
- Modello di Chang-Mander per calcestruzzo - con\_cm
- Modello di Kappos e Konstantinidis per calcestruzzo ad elevata resistenza - con\_hs
- Modello per calcestruzzi ECC - con\_ecc
- Modello di Kent-Scott-Park per calcestruzzo - con\_ksp
- Modello di Menegotto-Pinto per acciaio - stl\_mp
- Modello di Giuffre-Menegotto-Pinto per acciaio - stl\_gmn
- Modello bilineare per acciaio - stl\_bl
- Modello bilineare per acciaio con incrudimento isotropo - stl\_bl2
- Modello di Ramberg-Osgood per acciaio - stl\_ro
- Modello di Dodd-Restrepo per acciaio - stl\_dr
- Modello di Monti-Nuti per acciaio - stl\_mn
- Modello per controvento ad instabilità impedita - stl\_brb

Per una descrizione completa delle tipologie di materiali, si prega di consultare l'Appendice C – Materiali.

## Modellazione degli Elementi Frame

È possibile impiegare diverse tipologie di elementi per modellare i pilastri/le travi e le pareti strutturali. Gli utenti possono scegliere tra elementi frame inelastici basati sulle forze (infrmFB), elementi frame inelastici basati sulle forze con cerniera plastica (infrmFBPH) ed elementi frame inelastici basati sugli spostamenti con cerniera plastica (infrmDBPH). Inoltre, agli elementi tozzi è possibile assegnare l'elemento frame inelastico basato sugli spostamenti (infrmDB), una scelta che migliora sia l'accuratezza che la stabilità dell'analisi. Gli utenti possono fissare la lunghezza massima degli elementi tozzi (1.0m per default). Gli utenti possono anche determinare la lunghezza massima degli elementi, al di sotto della quale viene utilizzato il tipo di elemento elfrm (0,4 m per impostazione predefinita). Nello schema delle impostazioni predefinite è selezionato di default l'elemento frame inelastico basato sulle forze con cerniera plastica, infrmFBPH, per travi/pilastri e pareti; questa impostazione dovrebbe funzionare bene per la maggior parte delle applicazioni pratiche. In questa scheda viene definita la lunghezza massima dell'elemento frame per la discretizzazione delle fondazioni continue (1,0 m per impostazione predefinita).

## Definizione delle Estremità Rigide

In questa parte della scheda è possibile scegliere se includere o meno le estremità rigide degli elementi frame per modellare i nodi trave-pilastro. Va osservato che queste estremità rigide sono incluse nel modello solo quando la lunghezza dell'estremità rigida di un elemento è maggiore del valore specificato, altrimenti la trave è collegata direttamente al nodo del pilastro.

## Discretizzazione dei Solai

Gli utenti possono selezionare il numero di triangoli in cui si intende suddividere il solaio, in modo tale che il peso e la massa del solaio possano essere distribuiti in maniera appropriata sulle travi e sui pilastri che lo sorreggono. Ciò può essere fatto in due modi, o assegnando il numero esatto di triangoli oppure fornendolo come un moltiplicatore degli spigoli del solaio, che è un'indicazione della complessità del solaio. Ovviamente, un aumento del numero di triangoli porta ad una distribuzione migliore e più accurata dei carichi sugli elementi verticali, ma porta anche ad analisi più lunghe del solaio.

## Definizione del Nodo di Controllo

Qui viene data la possibilità di scegliere se definire il nodo di controllo all'ultimo impalcato oppure all'impalcato immediatamente sottostante (la seconda opzione nel caso in cui si abbia che la massa dell'ultimo piano è inferiore al 10% di quella del piano immediatamente sottostante).

## Modellazione del legame di interazione suolo-fondazione

Quando è selezionata l'opzione 'Considera il Sollevamento per i link inelastici', l'elemento link di fondazione ha una rigidezza pari a zero durante il sollevamento della fondazione.

Impostazioni Avanzate

Rigidità Fessurata / Non Fessurata    Generazione di Record    Schema d'integrazione    Smorzamento

Generale    Analisi    Elementi    Vincoli Interni    Criteri di Convergenza    Strategia Iterativa Globale

Strategia Iterativa dell'Elemento    Gravità e Massa    Autovalori    Modellazione Avanzata dell'Edificio

Modellazione dei materiali

Calcestruzzo

con\_ma: Modello di Mander et al. per calcestruzzo

Acciaio

stl\_mp: Modello di Menegotto-Pinto per acciaio

Modellazione Elementi Frame

Colonne e Travi

infrmFBPH: Elm. frm. inel. basato sulle forze con cerniera plast.

Pareti

infrmFBPH: Elm. frm. inel. basato sulle forze con cerniera plast.

☒ Assegna la classe infrmDB a tutti gli elementi strutturali di lunghezza (m) < 1,00

☒ Applica Elementi Frame Elastici a tutti gli Elementi con Lunghezza (m) < 0,40

Lunghezza massima dell'elemento frame per la discretizzazione delle Travi Rovescate (m) 1,00

Definizione Estremità Rigide

☒ Considera gli Estremità Rigide nelle Travi    Lunghezza minima considerata per gli Estremità Rigide delle Travi (m) 0,00

☐ Considera gli Estremità Rigide nei Pilastri    Lunghezza minima considerata per gli Estremità Rigide dei Pilastri (m) 0,00

☐ Considera gli Estremità Rigide nelle Pareti    Lunghezza minima considerata per gli Estremità Rigide delle Pareti (m) 0,00

Discretizzazione dei solai

No. di Triangoli di Solaiio ≥ Estremità di Solaiio x 5    No. di Triangoli di Solaiio ≥ 40

Definizione Automatica del Nodo di Controllo

☒ Non definire il nodo di controllo ai piani con massa inferiore al 10% della massa del piano sottostante

Modellazione Link Interazione Terreno-Fondazione

☐ Considera il Sollevamento per i Link Inelastici

Imposta come Default    Ok

Impostazioni Predefinite    Aiuto    Cancella

### Scheda Modellazione Avanzata dell'Edificio

#### Rigidezza fessurata/non fessurata

Gli utenti possono considerare gli effetti della rottura durante le analisi lineari, ad es. analisi agli Autovalori e con Spettro di Risposta, selezionando *usa sezioni con rigidezza fessurata*. La rigidezza fessurata può essere definita come percentuale della corrispondente rigidezza non fessurata, o, solo nel caso di elementi frame anelastici dal rapporto  $M_y/\theta_y$  (Momento flessionale allo snervamento/rotazione alla corda allo snervamento). In quest'ultimo caso, gli utenti devono selezionare la normativa impiegata per il calcolo della capacità di rotazione alla corda allo snervamento.

Impostazioni Avanzate

Generale | Analisi | Elementi | Vincoli Interni | Criteri di Convergenza | Strategia Iterativa Globale

Strategia Iterativa dell'Elemento | Gravità e Massa | Autovalori | Modellazione Avanzata dell'Edificio | Rigidità Fessurata / Non Fessurata

Rigidità Fessurata / Non Fessurata

Usare Sezioni con Rigidità Fessurata

Tipo di Rigidità fessurata per elementi infim

☒ Calcolare la Rigidità Fessurata da rapporti definiti dall'utente

☐ Calcolare la Rigidità Fessurata dai rapporti  $M_y/\theta_y$

Il rapporto della rigidità fessurata e non fessurata per i pilastri 100%

Il rapporto della rigidità fessurata e non fessurata per le travi 100%

Il rapporto della rigidità fessurata e non fessurata per le pareti 100%

Il rapporto della rigidità fessurata e non fessurata per gli elementi elfm 100%

Impostazioni Predefinite | Imposta come Default | Aiuto | Ok | Cancella

### Scheda Rigidità Fessurata –rapporti definiti dall'utente

Impostazioni Avanzate

Generale | Analisi | Elementi | Vincoli Interni | Criteri di Convergenza | Strategia Iterativa Globale

Strategia Iterativa dell'Elemento | Gravità e Massa | Autovalori | Modellazione Avanzata dell'Edificio | Rigidità Fessurata / Non Fessurata

Rigidità Fessurata / Non Fessurata

Usare Sezioni con Rigidità Fessurata

Tipo di Rigidità fessurata per elementi infim

☐ Calcolare la Rigidità Fessurata da rapporti definiti dall'utente

☒ Calcolare la Rigidità Fessurata dai rapporti  $M_y/\theta_y$

Il rapporto della rigidità fessurata e non fessurata per gli elementi elfm 100%

Impostazioni Predefinite | Imposta come Default | Aiuto | Ok | Cancella

### Scheda Rigidità Fessurata- rapporto $M_y/\theta_y$

## Generazione di Record

In questa sezione l'utente può definire le impostazioni di base per il processo di generazione dei record nell'analisi dinamica non lineare. Sono disponibili due pagine.

Nella prima pagina (Parametri di corrispondenza) vengono impostati i parametri per l'algoritmo di matching con lo spettro target.

La tolleranza dello spettro (ovvero la differenza accettata tra lo spettro dell'accelerogramma generato e quello dello spettro target, calcolata come media dei valori assoluti delle differenze positive e negative) può essere modificata qui. Gli utenti possono anche decidere se eseguire o meno la correzione della linea di base nella generazione degli accelerogrammi artificiali. Per impostazione predefinita è selezionata una correzione quadratica della linea di base. Inoltre, gli utenti possono anche personalizzare i parametri utilizzati nei metodi dei processi casuali (Generazione accelerogramma artificiale e Generazione e regolazione accelerogramma artificiale), vale a dire: avvio del processo casuale, numero massimo di iterazioni, numero massimo di diverse prove di angolo di fase e il numero di punti utilizzati per il calcolo PSDF (Power Spectra Density Function). L'unica impostazione con importanza pratica è la tolleranza media dello spettro; altri parametri non devono essere modificati, a meno che non ci sia un motivo specifico.

The screenshot shows the 'Impostazioni Avanzate' (Advanced Settings) dialog box with the 'Generazione di Record' (Record Generation) tab selected. The dialog has a title bar with a close button (X) and a menu bar with options: Strategia Iterativa dell'Elemento, Gravità e Massa, Autovalori, and Modellazione Avanzata dell'Edificio. Below the menu bar are sub-tabs: Generale, Analisi, Elementi, Vincoli Interni, Criteri di Convergenza, and Strategia Iterativa Globale. The 'Generazione di Record' sub-tab is active, showing 'Parametri di matching' and 'Parametri di inviluppo' sections. In the 'Parametri di matching' section, 'Tolleranza dello Spettro Medio' is set to 0,2, and 'Esegui la Correzione della Linea di Base' is checked. Under 'Correzione della Linea di Base', the 'Lineare' radio button is selected. The 'Parametri di inviluppo' section is currently empty. At the bottom of the dialog are buttons for 'Impostazioni Predefinite', 'Imposta come Default', 'Ok', 'Annulla', and 'Aiuto'.

**Finestra della scheda Generazione Record - Parametri Corrispondenti**

Nella seconda pagina (Parametri di inviluppo) vengono impostate le forme di inviluppo che devono essere impiegate dai metodi "Generazione Accelerogramma Artificiale" e "Generazione e Regolazione Accelerogramma Artificiale". Gli utenti possono scegliere la percentuale approssimata di record generati con un determinato inviluppo, considerando tuttavia che internamente il programma esegue un processo casuale; pertanto, queste impostazioni si riferiscono letteralmente alla probabilità che un tale inviluppo venga impiegato. Infine, in questa scheda (tab) vengono definite anche le impostazioni di base per la definizione delle forme dell'inviluppo (tempo di massima ampiezza, tempo di salita, durata del livello e intensità al termine della durata).



Finestra della scheda Generazione Record - Parametri Inviluppo

### Schema d'Integrazione

Nell'analisi dinamica non lineare, si deve utilizzare uno schema di integrazione numerica diretta per poter risolvere il sistema di equazioni del moto [es. Clough and Penzien, 1993; Chopra, 1995]. In SeismoBuild questa integrazione può essere condotta con due differenti algoritmi impliciti di integrazione: lo **schema di integrazione di Newmark** [Newmark, 1959] e l'**algoritmo di integrazione di Hilber-Hughes-Taylor** [Hilber et al., 1977].

**NOTA:** L'algoritmo d'integrazione di Hilber-Hughes-Taylor è l'opzione di default.

### Schema d'integrazione di Newmark

Lo **schema d'integrazione di Newmark** richiede la definizione di due parametri; beta ( $\beta$ ) e gamma ( $\gamma$ ). Si può ottenere una stabilità non condizionata, indipendentemente dal passo di tempo utilizzato, per valori di  $\beta \geq 0.25(\gamma + 0.5)^2$ . In aggiunta, se si utilizza  $\gamma = 0.5$ , lo schema d'integrazione si riduce alla ben nota regola trapezoidale non dissipativa, in cui non si introduce smorzamento numerico, condizione che può essere vantaggiosa in molte applicazioni. I valori di default sono quindi  $\beta = 0.25$  e  $\gamma = 0.5$ .

Impostazioni Avanzate

Strategia Iterativa dell'Elemento    Gravità e Massa    Autovalori    Modellazione Avanzata dell'Edificio

Generale    Analisi    Elementi    Vincoli Interni    Criteri di Convergenza    Strategia Iterativa Globale

Rigidità Fessurata / Non Fessurata    Generazione di Record    Schema d'integrazione    Smorzamento

Schema d'integrazione di Newmark

Alfa:

Beta:

Gamma:

Valori Raccomandati  
Beta: 0,25  
Gamma: 0,5

Nota: Le impostazioni dello Schema d'integrazione sono impiegate solamente nell'analisi dinamica time-history

Impostazioni Predefinite    Ok

Imposta come Default    Aiuto    Cancella

Tab Schema d'Integrazione - Newmark

### Schema d'integrazione di Hilber-Hughes-Taylor

L'**algoritmo di Hilber-Hughes-Taylor**, richiede invece la definizione di un parametro addizionale alfa ( $\alpha$ ) usato per controllare il livello di dissipazione numerica. Quest'ultima può giocare un ruolo benefico nelle analisi dinamiche, soprattutto attraverso la riduzione del contributo dei modi spuri più elevati alla soluzione (che tipicamente si manifestano nella forma di picchi molto alti di breve durata), incrementando in questo modo sia l'accuratezza dei risultati che la stabilità numerica dell'analisi. In accordo con gli autori [Hilber et al., 1977], e come confermato in altri studi [es. Broderick et al., 1994], soluzioni ottimali in termini di accuratezza della soluzione, stabilità numerica e smorzamento numerico sono ottenute per valori di  $\beta=0.25(1-\alpha)^2$  e  $\gamma=0.5-\alpha$ , con  $-1/3 \leq \alpha \leq 0$ . In SeismoStruct, i valori predefiniti sono  $\alpha=-0.1$ ,  $\beta=0.3025$  e  $\gamma=0.6$ .

**Tab Schema d'Integrazione - Hilber-Hughes-Taylor**

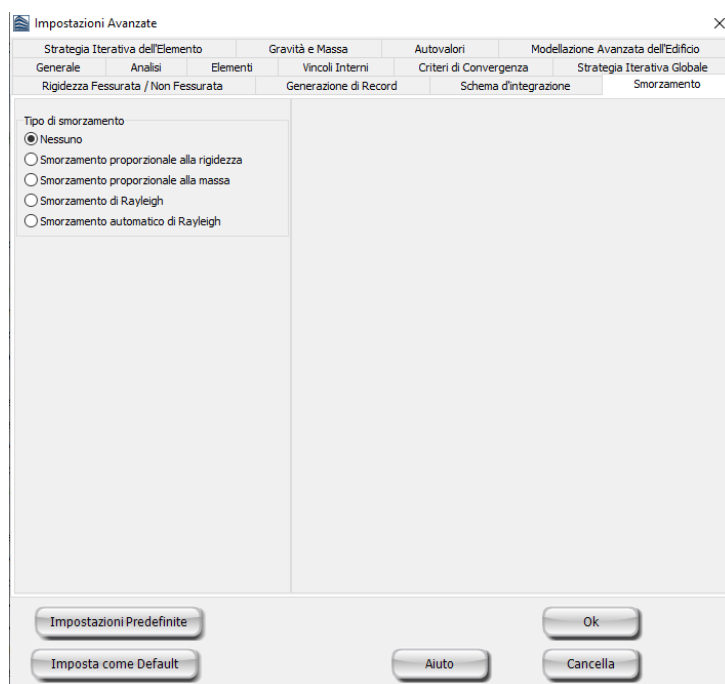
**NOTA:** Per ulteriori approfondimenti e chiarimenti su argomenti quali le procedure di soluzione al passo, i metodi impliciti ed espliciti, le condizioni di stabilità, lo smorzamento numerico e così via, si raccomanda di riferirsi alla letteratura disponibile, come i lavori di Clough and Penzien [1993], Cook et al. [1988] e Hughes [1987], per citarne alcuni.

## Smorzamento

Nell'analisi dinamica nonlineare, lo smorzamento isteretico, che di solito è responsabile della dissipazione della maggior parte di energia introdotta dall'azione sismica, è già implicitamente incluso all'interno della formulazione nonlineare del modello a fibre degli elementi frame inelastici o all'interno della formulazione nonlineare della curva di risposta forza-spostamento usata per caratterizzare la risposta degli elementi link. Vi è, tuttavia, una quantità relativamente piccola di smorzamento non-isteretico, che viene ugualmente mobilitata durante la risposta dinamica delle strutture attraverso fenomeni come l'attrito tra gli elementi strutturali e non-strutturali, l'attrito nelle fessure del calcestruzzo, l'energia di radiazione attraverso la fondazione, ecc., e che potrebbe non essere stata modellata nell'analisi. Tradizionalmente, queste modeste fonti di dissipazione di energia sono state considerate attraverso l'impiego dello smorzamento di Rayleigh [ad esempio Clough and Penzien, 1993; Chopra, 1995] con valori di smorzamento viscoso equivalente ( $\xi$ ) nel range tra l'1% e l'8%, a seconda del tipo strutturale, dei materiali utilizzati, degli elementi non strutturali, del periodo e dell'ampiezza di vibrazione, del modo di vibrare preso in considerazione, ecc. [ad esempio Wakabayashi, 1986].

Nella finestra di dialogo *Smorzamento*, l'utente può quindi scegliere di:

- non utilizzare alcun smorzamento viscoso (scegliendo l'opzione *Nessuno*);
- impiegare lo **smorzamento proporzionale alla rigidità**;
- introdurre lo **smorzamento proporzionale alla massa**;
- utilizzare lo **smorzamento di Rayleigh**.
- utilizzare lo **smorzamento di Rayleigh** con la considerazione automatica dei valori del primo e del secondo periodo lungo la direzione dell'eccitazione principale. Quest'ultima opzione è l'impostazione predefinita del programma.



Tab Smorzamento

### Smorzamento proporzionale alla Rigidità

All'utente si chiede di inserire il valore del moltiplicatore della matrice di rigidità ( $\alpha_K$ ) che s'intende usare. Tipicamente, anche se non esclusivamente, tale valore è calcolato utilizzando la seguente equazione:

$$\alpha_K = \frac{T\xi}{\pi}$$

All'utente è inoltre richiesto di dichiarare se lo smorzamento è proporzionale (i) alla **rigidità iniziale** o (ii) alla **rigidità tangente**.

**NOTA 1:** Il valore della matrice dello *smorzamento proporzionale alla rigidità tangente* viene aggiornato ad ogni incremento di carico e non ad ogni iterazione, poiché questo avrebbe dato luogo ad una più alta instabilità numerica e a lunghi tempi di analisi.

**NOTA 2:** Qualora dovessero insorgere difficoltà numeriche con l'uso dello *smorzamento proporzionale alla rigidità tangente*, si consiglia all'utente di impiegare invece lo *smorzamento proporzionale alla rigidità iniziale*, utilizzando, però, un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ridotto, in modo da evitare l'introduzione di effetti di smorzamento viscosi esageratamente alti. In altre parole, se da un lato un smorzamento viscoso del 2-3% può essere un'ipotesi ragionevole quando si analizza una struttura in cemento armato usando lo smorzamento proporzionale alla rigidità tangente, dall'altro deve essere impiegato un valore molto più basso, del 0.5-1%, se si fa uso della sua controparte proporzionale alla rigidità iniziale.

### Smorzamento proporzionale alla Massa

All'utente si chiede di inserire il valore del moltiplicatore della matrice della massa ( $\alpha_M$ ) che si intende usare. Tipicamente, anche se non esclusivamente, tale valore è calcolato utilizzando la seguente equazione:

$$\alpha_M = \frac{4\pi\xi}{T}$$

### Smorzamento di Rayleigh

All'utente si chiede di inserire i valori del periodo ( $T$ ) e dello smorzamento ( $\xi$ ) del primo e dell'ultimo modo di interesse (in questo caso chiamati modo 1 e modo 2).

Il moltiplicatore della matrice delle masse ( $\alpha_M$ ) e quello della matrice di rigidezza ( $\alpha_K$ ) sono poi calcolati dal programma usando le espressioni di seguito riportate, che assicurano l'ottenimento del vero smorzamento di Rayleigh (se venissero utilizzati coefficienti definiti arbitrariamente, questo implicherebbe l'impiego di uno smorzamento matriciale invece che di Rayleigh):

$$\alpha_M = 4\pi \frac{\xi_1 T_1 - \xi_2 T_2}{T_1^2 - T_2^2} \quad e \quad \alpha_K = \frac{T_1 T_2}{\pi} \frac{\xi_2 T_1 - \xi_1 T_2}{T_1^2 - T_2^2}$$

**NOTA 1:** Esiste un'ampia varietà di smorzamenti matriciali che sono utilizzati in numerosi codici agli elementi finiti. Queste varianti possono presentare vantaggi rispetto al tradizionale smorzamento di Rayleigh; ad esempio, riducendo il livello di smorzamento che è introdotto nei modi più elevati e così via. Tuttavia, riteniamo che tale livello di raffinatezza e versatilità non sia necessariamente richiesto per la maggior parte delle analisi più comuni, per cui in SeismoStruct sono presenti solo le tre modalità di smorzamento viscoso citate sopra.

**NOTA 2:** Le forze di smorzamento in modelli che presentano elementi dalla rigidezza molto elevata (es. ponti con spalle rigide, edifici con pareti rigide, ecc.) possono diventare non realistiche - uno smorzamento generale in un modello di ponte può introdurre significative forze di smorzamento, ad esempio a causa di rigidezza molto elevata delle spalle.

**NOTA 3:** C'è una dispersione significativa nelle diverse proposte dei valori effettivi di smorzamento viscoso equivalente da impiegare durante l'esecuzione dell'analisi dinamica delle strutture, per cui si consiglia all'utente di esaminare la questione a fondo, per arrivare ai valori che potrebbero rivelarsi più adeguati per la sua analisi. In questo contesto, si osserva semplicemente che il valore dipende (i) dal tipo di materiale (valori più elevati sono tipicamente utilizzati nel calcestruzzo, rispetto all'acciaio), (ii) dalla configurazione strutturale (ad esempio un telaio multipiano tamponato può giustificare valori più alti rispetto ad un ponte ad 1-GDL), (iii) dal livello di deformazione (a livelli di bassa deformazione potrebbe essere giustificato l'impiego di valori di smorzamento viscoso equivalente superiori a quelli utilizzati nelle analisi in cui gli edifici vengono spinti ampiamente in campo nonlineare, poiché in quest'ultimo caso il contributo degli elementi non-strutturali è probabile che sia di minore importanza), (iv) dalla strategia di modellazione (ad esempio, nella modellazione di fibre, la fessurazione è esplicitamente presa in considerazione e, come tale, non ha bisogno di essere in qualche modo rappresentata tramite lo smorzamento viscoso equivalente, come avviene, invece, nella modellazione a plasticità concentrata in cui si impiegano le relazioni bilineari momento-curvatura).

# Analisi agli Autovalori

## PARAMETRI DELL'ANALISI AGLI AUTOVALORI

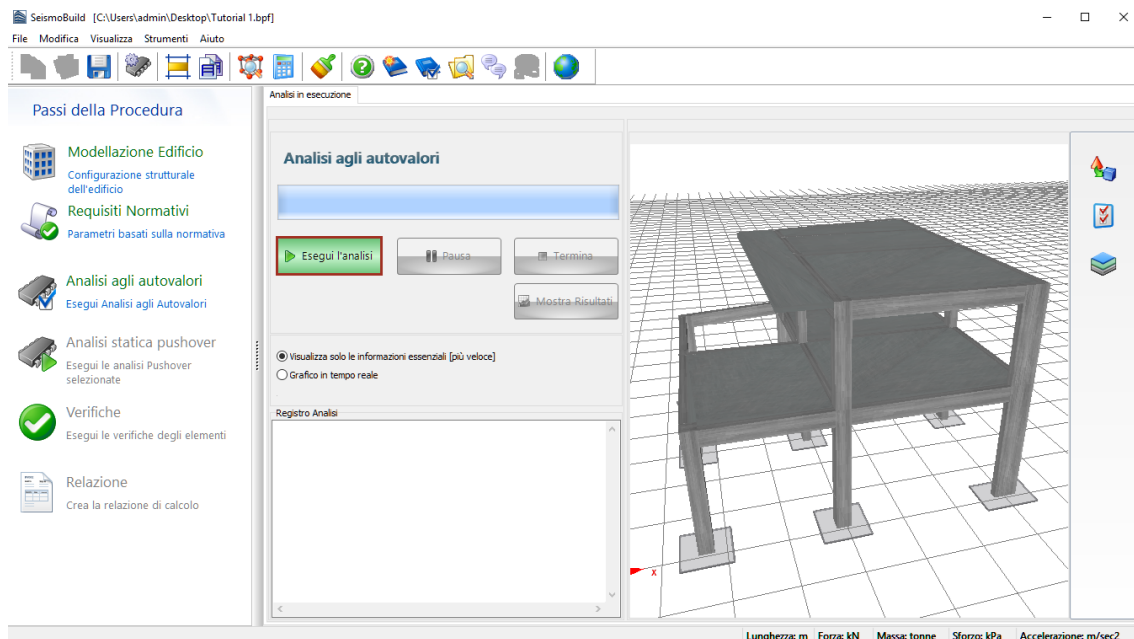
Per valutare le frequenze naturali e le forme modali della struttura in SeismoBuild, di default, viene utilizzato l'efficiente **algoritmo di Lanczos** [Hughes, 1987]. In alternativa l'utente può selezionare l'**algoritmo di Jacobi con la trasformazione di Ritz** nel modulo *Impostazioni Avanzate*.

L'analisi agli autovalori è un'analisi strutturale puramente elastica in cui le proprietà dei materiali sono mantenute costanti durante tutta la procedura di calcolo. Tuttavia, in tutte le analisi disponibili in SeismoBuild (ivi compresa l'analisi agli autovalori) sono impiegati elementi frame inelastici. Pertanto, nella caratterizzazione delle proprietà meccaniche delle sezioni degli elementi strutturali sono impiegati differenti materiali e diverse tipologie di sezioni, che non sono esplicitamente definite dall'utente ma implicitamente determinate dal programma usando formule classiche che possono essere trovate in qualunque testo sui fondamenti della meccanica strutturale [ad es. Gere and Timoshenko, 1997; Pilkey, 1994].

**NOTA: Il confinamento del calcestruzzo aumenterà la resistenza a compressione del materiale e quindi la resistenza dell'elemento, portando, così, a periodi di vibrazione più bassi.**

## PROCESSORE

Una volta definiti i parametri dell'analisi agli autovalori nel modulo Impostazioni Avanzate, l'utente è pronto per eseguire l'analisi. Questo può essere fatto nella sezione **Analisi agli Autovalori** di SeismoBuild, premendo il pulsante *Esegui Analisi*.



Area del Processore

Mentre l'analisi è in fase di svolgimento, una barra fornisce all'utente un'indicazione percentuale dello stato di avanzamento dell'analisi.

In questo modo gli utenti possono valutare rapidamente il tempo di attesa necessario per il completamento dell'analisi, per poter pianificare rapidamente il successivo lavoro (l'analisi agli autovalori, in realtà, richiede solo pochi secondi per essere completata).

Una volta terminata l'analisi, sullo schermo appare un messaggio informativo che suggerisce di controllare le deformate strutturali di ciascun modo di vibrare dell'edificio per verificare possibili problemi di connettività tra le travi e i pilastri.



#### Verifica delle Connettività con l'Analisi agli Autovalori

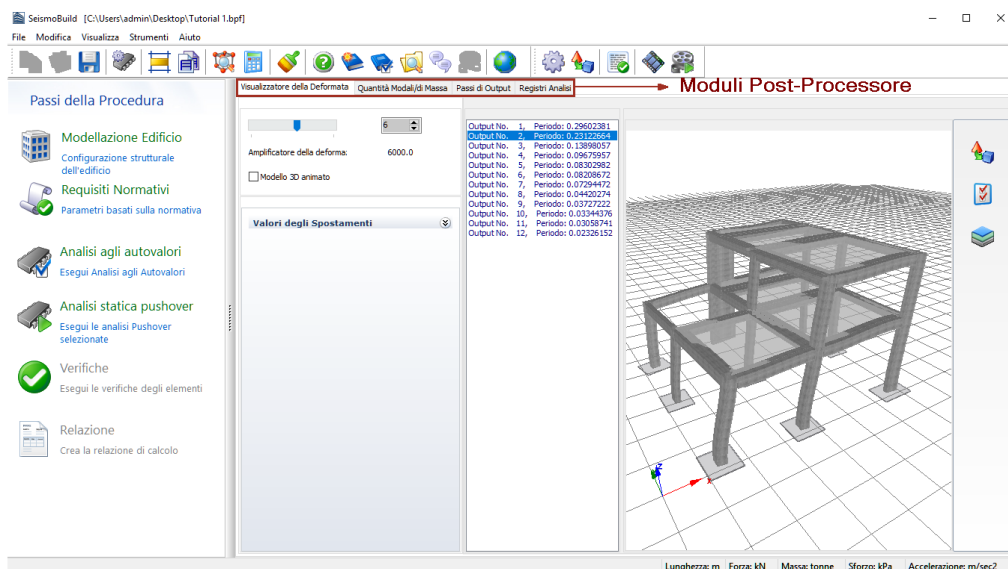
### POST-PROCESSORE

Una volta svolta l'Analisi agli Autovalori gli utenti possono visualizzare i risultati premendo il pulsante *Mostra Risultati*. I risultati dell'analisi sono salvati nel File dei Risultati di SeismoBuild, che si distingue per l'estensione \*\_Eig.brf, e presenta lo stesso nome del file di input del progetto.

La area del programma *Mostra Risultati* presenta una serie di moduli in cui è possibile visualizzare i risultati dell'analisi agli autovalori in formato tabellare o grafico; tali risultati possono essere copiati in una qualsiasi altra applicazione di Windows (ad esempio, i risultati in formato tabellare possono essere copiati in un foglio di calcolo come quelli di Microsoft Excel, mentre i grafici possono essere copiati in un qualsiasi edito di testo come Microsoft Word).

I moduli disponibili sono elencati nel seguito e verranno descritti nei prossimi paragrafi:


- Visualizzatore della Deformata
- Quantità Modali/di Massa
- Passi di Output
- Registri di Analisi



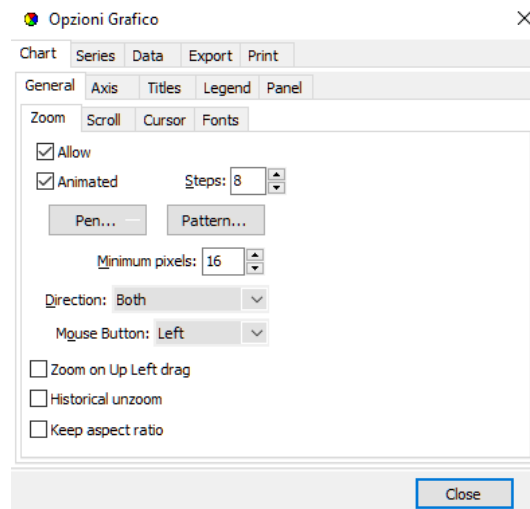
### Moduli del Post-Processore

Ci sono alcune operazioni generali che si applicano a tutti i moduli del post-processore. Ad esempio, il modo in cui le componenti del modello (come nodi, sezioni, elementi, ecc.) appaiono in tutte le finestre di dialogo nel post-processore.

### Opzioni Grafico

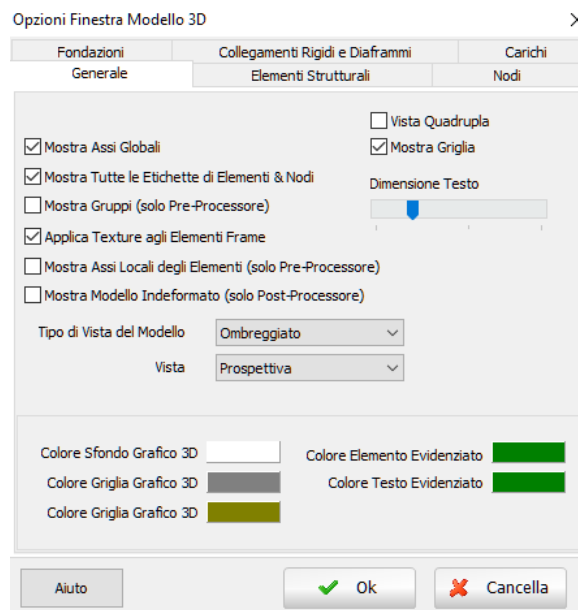
Tutti i grafici mostrati nei moduli del Post-Processore possono essere modificati e personalizzati usando la funzione *Opzioni Grafico*, disponibile dal menu principale (*Strumenti > Opzioni Grafico...*), oppure premendo il pulsante della barra degli strumenti  o dal menu popup ottenuto col tasto destro del mouse. L'utente può, quindi, modificare le caratteristiche delle linee (colore, spessore, stile, ecc.), lo sfondo (colore, gradiente), gli assi (colore, dimensione del carattere e stile delle etichette, ecc.) e i titoli del grafico. Tramite le impostazioni di salvataggio e di caricamento del grafico (*Salva Impostazioni Grafico...* e *Carica Impostazioni Grafico...*), disponibili per mezzo del tasto destro del menu di popup, è possibile salvare le impostazioni del grafico, nonché richiamarle per assegnarle ad altri grafici.






Opzioni Grafico – Generale

Inoltre, nel menu Opzioni Immagine 3D, accessibile quando il modello 3D è visibile, ci sono un numero di sotto-menu da cui gli utenti possono non solo selezionare quali componenti del modello (nodi, elementi strutturali, ecc.) mostrare nell'immagine, ma anche cambiare una miriade di impostazioni come il colore/la trasparenza degli elementi, gli assi del grafico e i pannelli di sfondo, il colore e la trasparenza dei simboli dei carichi, il colore delle etichette, e così via.



Opzioni Immagine 3D – Generale

### Come creare un filmato dell'analisi

SeismoBuild fornisce agli utenti la possibilità di creare un filmato che rappresenta, in modo animato, il modo di vibrare della struttura analizzata (ottenuto dall'analisi agli autovalori). Questa funzionalità di creazione dei filmati è accessibile dal menù principale (*Strumenti > Crea file AVI...*) o tramite il pulsante della barra degli strumenti .

Selezione dei passi per il file AVI

Fattore di carico iniziale  
Output No. 1, Fattore di Carico: 0.00

Fattore di carico finale  
Output No. 51, Fattore di Carico: 3.11

Frequenza 1

Dimensione approssimata del file AVI: 2.00MB

☒ Impostazioni Avanzate

Dimensione del fotogramma 915x848

25:1

OK Cancellata Aiuto

### Selezione dei passi per il file AVI

Se un utente invece desidera creare un filmato che illustri un dato modo di vibrare di una particolare struttura, allora deve definire il numero di cicli che desidera venga creato (cioè quante volte l'animazione modale dovrà essere ripetuta) e il numero di immagini/fotogrammi da utilizzare per ciclo. Evidentemente, più alto è il numero di fotogrammi intermedi, più scorrevole sarà l'animazione, ma anche maggiore sarà la dimensione del file video.

Selezione dei passi per il file AVI

No. di immagini per ciclo 14

No. di cicli modali 3


Dimensione approssimata del file AVI: 1353.00kB

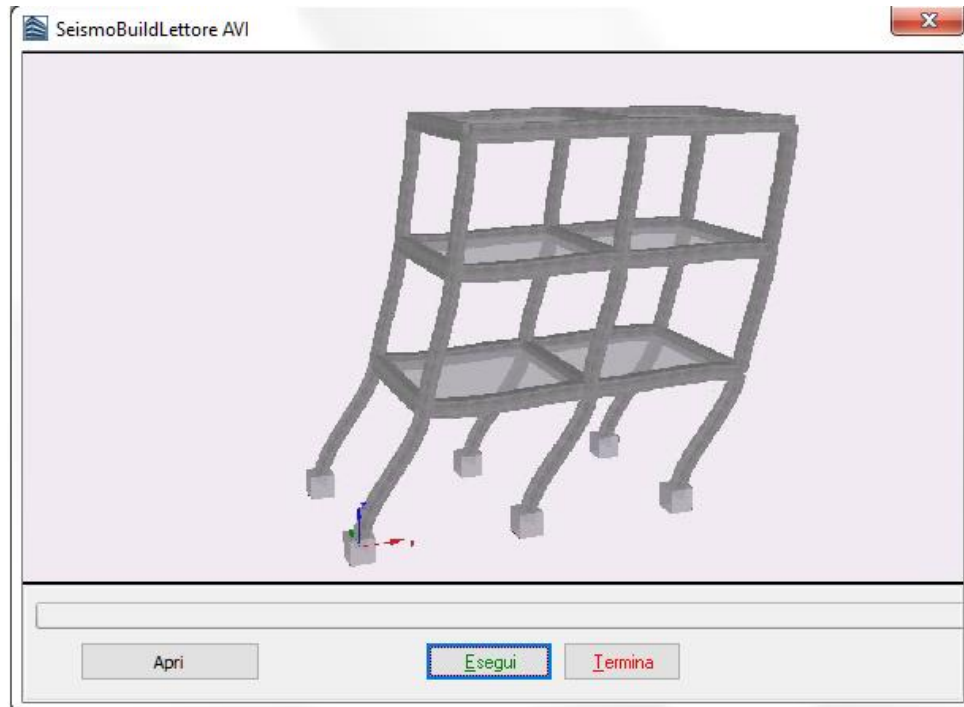
☐ Impostazioni Avanzate

OK Cancellata Aiuto

### Selezione dei passi per il file AVI

Prima di creare l'animazione, gli utenti sono invitati a personalizzare l'immagine 3D sulla base delle loro esigenze o dei loro gusti, poiché queste impostazioni si rifletteranno sull'aspetto grafico del filmato. In particolare, si fa notare che durante la creazione del filmato, gli assi del modello non vengono aggiornati automaticamente; ciò implica che, prima di avviare il processo di creazione, gli utenti devono impostare gli assi con i loro valori maggiori (necessari). Ciò può essere fatto visualizzando un passo di output in cui le deformazioni sono al loro massimo valore.

Una volta che l'animazione è stata creata, gli utenti possono verificare l'adeguatezza attraverso il Lettore AVI incorporato in SeismoBuild, che è accessibile dal menu principale del programma (*Strumenti > Mostra file AVI...*) o tramite il rispettivo pulsante della barra degli strumenti .

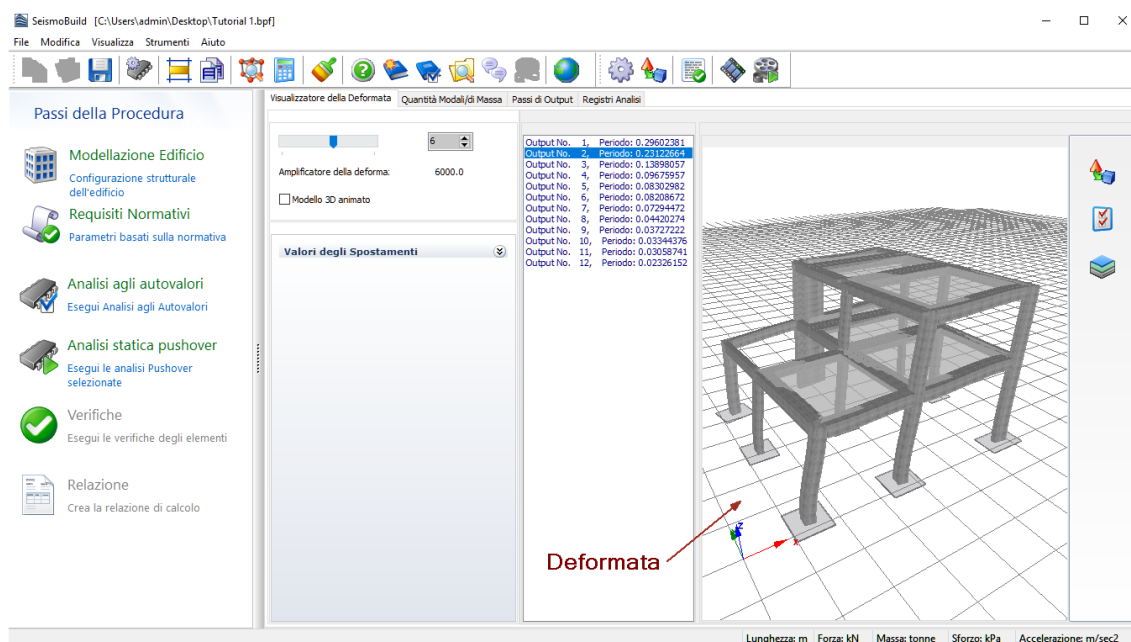


**Lettore AVI di SeismoBuild**


Le animazioni create in SeismoBuild (ossia i filmati AVI) possono essere aperti anche con altre applicazioni Windows, come Windows Media Player o, forse ancora più importante, Microsoft PowerPoint, dove possono essere utilizzati in presentazioni multimediali.

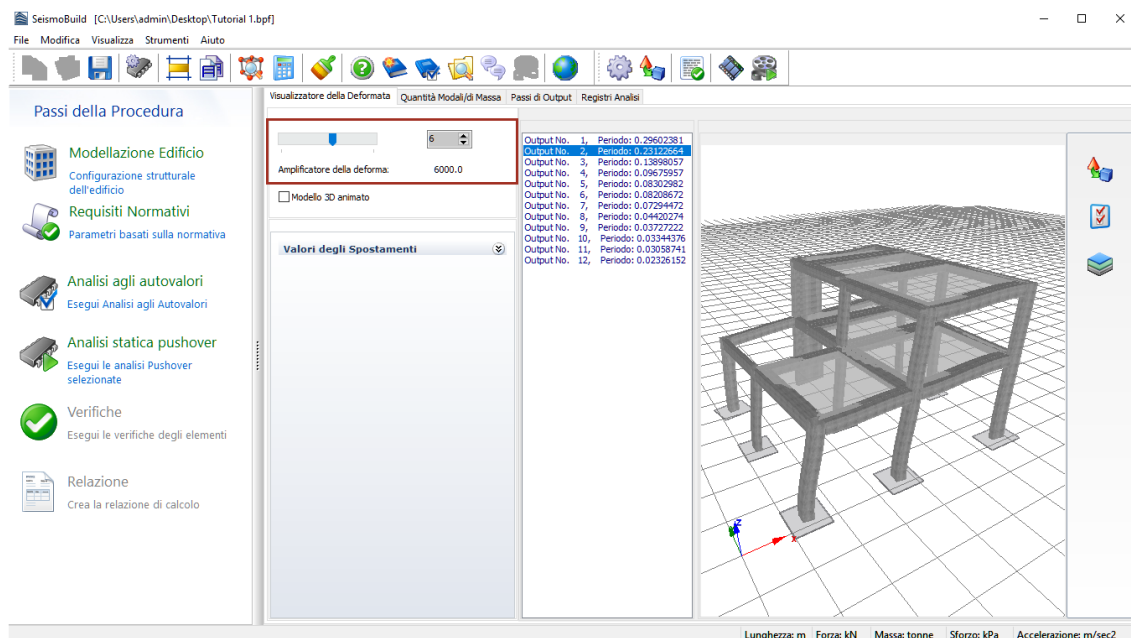
### Visualizzatore della Deformata

Con il *Visualizzatore della Deformata*, gli utenti hanno la possibilità di visualizzare la deformata del modello per ciascun periodo di vibrazione dell'edificio (cliccate sull'output desiderato per aggiornare la vista deformata).

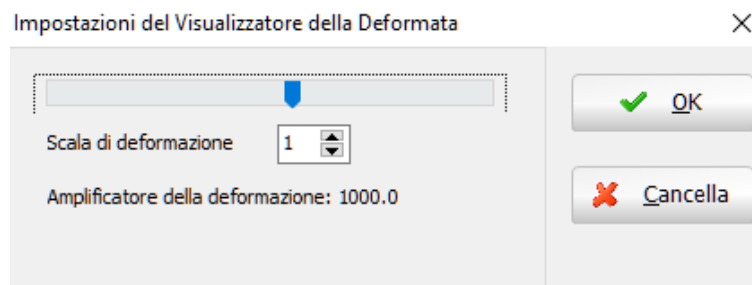


### Visualizzatore della Deformata

L'immagine della deformata può essere modificata e personalizzata utilizzando le *Opzioni Immagine 3D*, e può essere copiata in qualsiasi applicazione di Windows tramite lo strumento *Copia Immagine 3D*. Inoltre, ogni volta che la deformata in tempo reale della struttura risulta essere di difficile interpretazione (in quanto gli spostamenti sono o troppo grandi o troppo piccoli), gli utenti possono utilizzare il *Moltiplicatore della Deformata*, disponibile dal menu popup accessibile col tasto destro del mouse o attraverso il menu principale (*Strumenti > Impostazioni Deformata...*) o tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , per adattare meglio l'immagine.



### Visualizzatore della Deformata – Amplificatore Deformata



### Impostazioni Deformata

Infine, il modo di vibrare della struttura (ottenuto dall'analisi agli autovalori) viene rappresentato in maniera animata attraverso la selezione della casella *Modello 3D animato*.

### Quantità Modali/di Massa

Il modulo Quantità Modali/di Massa fornisce una sintesi (i) dei principali risultati modali (cioè il periodo/frequenza naturale di vibrazione di ciascun modo, i fattori di partecipazione modale e le masse modali), e (ii) delle masse nodali. Questi risultati possono essere facilmente copiati in un editor di testo (o foglio di calcolo), attraverso il menu popup ottenuto col tasto destro del mouse.

**Periodi e Frequenze Modali**

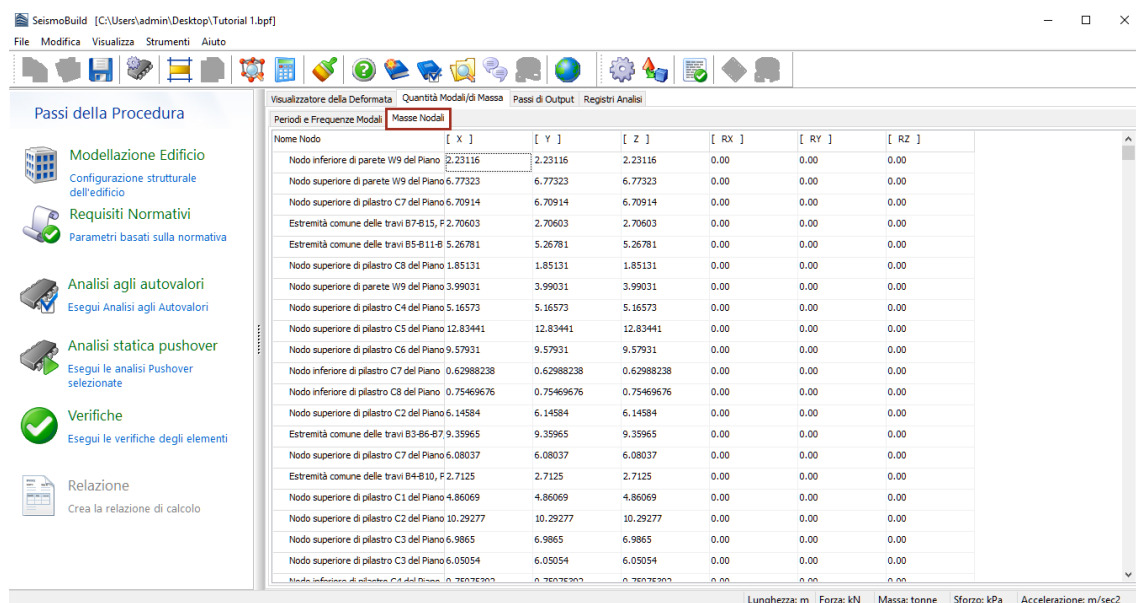
Modo	Periodo (sec)	Frequenza (Hertz)	Frequenza angolare (rad/sec)
1	0.29665000	3.37097595	21.18046659
2	0.23158257	4.31811425	27.13151204
3	0.13909336	7.18941602	45.17243312
4	0.09684542	10.32573337	64.87849620
5	0.08305814	12.03975884	75.64803586
6	0.08218895	12.16708617	76.44805708
7	0.07298694	13.70108070	86.08642895
8	0.04420366	22.62256194	142.14174879
9	0.03718095	26.89549572	168.98938356
10	0.03351451	29.83782130	187.47656037
11	0.03061964	32.65877818	205.20115521
12	0.02324743	43.01550519	270.27439017

**FATTORI DI PARTECIPAZIONE MODALE**  
Per Carichi di Accelerazione Unitari nelle Coordinate Globali

Modo	Period	Ux	Uy	Uz	Rx
1	0.29665000	0.1402	-10.8721	0.0507	7.9573
2	0.23158257	9.5693	-0.9428	-0.0045	-0.0324
3	0.13909336	4.5615	1.9127	0.0323	-1.5517
4	0.09684542	-0.1332	2.4014	0.7684	19.5134
5	0.08305814	0.6941	-0.3774	0.4309	0.0552
6	0.08218895	1.5958	-0.1384	2.1773	6.7609
7	0.07298694	2.6074	0.4091	-0.6912	0.4937
8	0.04420366	-1.0828	-0.2468	5.9046	12.2005
9	0.03718095	0.0953	0.0590	-2.6668	0.8853
10	0.03351451	-2.0541	-0.4648	-4.1317	-0.9224

### Modulo Quantità Modali/di Massa – Periodi e Frequenze



### Modulo Quantità Modali/di Massa – Masse nodali

Per quanto riguarda le masse nodali, SeismoBuild fornisce una tabella in cui sono riassunte le masse dei nodi per ogni grado di libertà (anche rotazionale). Per un particolare nodo, la massa rotazionale viene calcolata come la massa rotazionale definita dall'utente per quel nodo, più la massa traslazionale moltiplicata per il quadrato della distanza dal centro di gravità del modello.

I **Fattori di Partecipazione Modale**, ottenuti come il rapporto tra il fattore di eccitazione modale ( $L_n = \Phi_n^T * M$ ) e la **massa generalizzata** ( $M_n = \Phi_n^T * M * \Phi_n$ ), forniscono una misura di quanto sia influente la partecipazione di un dato modo  $n$  nella risposta dinamica della struttura. Tuttavia, poiché le forme modali  $\Phi_n$  possono essere normalizzate in diversi modi, la grandezza assoluta del fattore di partecipazione modale in realtà non ha alcun significato, mentre assume importanza solamente la sua grandezza relativa rispetto agli altri modi di partecipazione [Priestley et al., 1996].

Per questo motivo, e in particolare per il caso degli edifici soggetti ad input sismici alla base, è consuetudine per gli ingegneri/analisti utilizzare la massa modale efficace ( $m_{eff,n} = L_n^2 / M_n$ ) come misura dell'importanza relativa che ciascun modo ha sulla risposta dinamica della struttura. Infatti, dal momento che  $m_{eff,n}$  può essere interpretato come la porzione di massa totale  $M$  della struttura che è eccitata da un dato modo  $n$ , i modi con alti valori di massa modale efficace possono contribuire in modo significativo alla risposta.

**NOTA 1:** Gli utenti sono invitati a consultare la letteratura disponibile [per esempio Clough and Penzien, 1993; Chopra, 1995] per ulteriori informazioni sull'analisi modale e i rispettivi parametri.

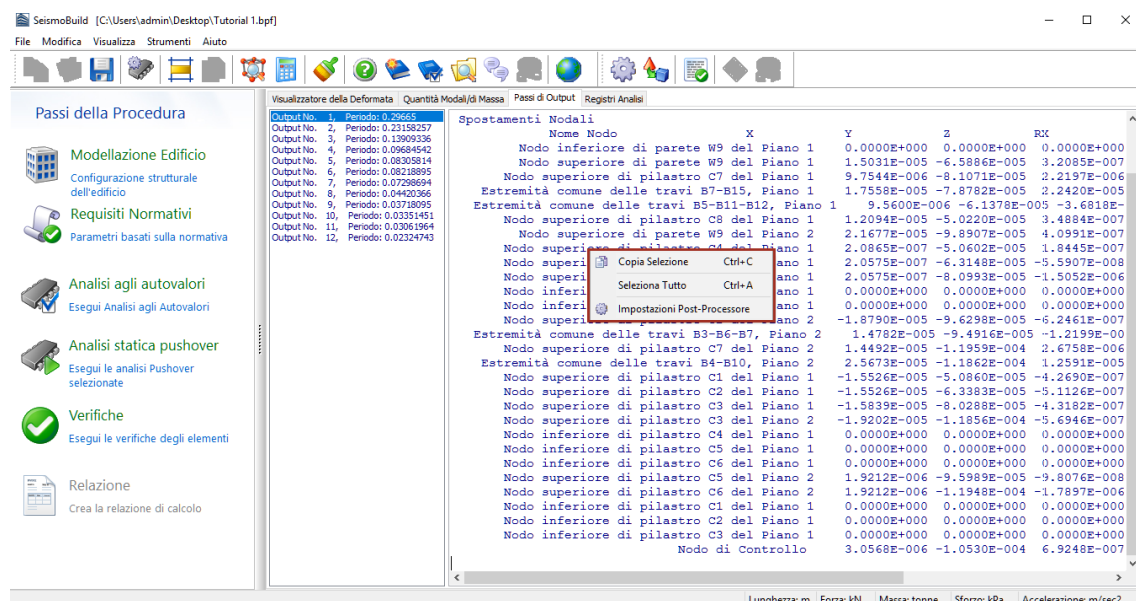
**NOTA 2:** Le forme modali sono normalizzate affinché  $\Phi_n = 1$ .

**NOTA 3:** I Fattori di Partecipazione Modale per le rotazioni sono calcolati considerando una matrice di trasformazione definita come segue (dove  $x_0, y_0, z_0$  sono le coordinate del centro di massa), così che il fattore di eccitazione modale diventa  $L_n = \Phi_n^T \cdot M \cdot T_i$ , da cui la massa modale efficace (come per il caso traslazionale).


$$T_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & (z - z_0) & -(y - y_0) \\ 0 & 1 & 0 & -(z - z_0) & 0 & (x - x_0) \\ 0 & 0 & 1 & (y - y_0) & -(x - x_0) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

## Passi di Output

Questo modulo di post-elaborazione si applica a tutti i tipi di analisi e fornisce, in file di output di tipo testuale, tutti i risultati analitici (spostamenti/rotazioni nodali, forze/momenti ai supporti e all'interno degli elementi, sforzi e deformazioni degli elementi) ottenuti da SeismoBuild per qualsiasi passo dell'analisi. L'intero output dei passi, o parti selezionate di esso, può essere copiato in editor di testo per ulteriori manipolazioni, utilizzando i corrispondenti comandi da menu, le scorciatoie da tastiera, i pulsanti della barra degli strumenti oppure dal menu popup ottenuto col tasto destro del mouse.



## Passi di Output

Invece di copiare e incollare il contenuto di questo modulo in applicazioni esterne, gli utenti possono anche scegliere di utilizzare semplicemente la funzione *Esporta in File di Testo*, che dà anche la possibilità di scegliere i passi di output, iniziale e finale, di interesse, oltre che l'incremento del passo. Questa utile funzione è disponibile dalla barra degli strumenti, premendo il pulsante .

Infine, come osservato in *Impostazioni Avanzate > Generale*, gli utenti possono anche attivare l'opzione di creare, alla fine di ogni analisi, un file di testo (\*.out) contenente l'output dell'intera analisi (come indicato in questo modulo).

Questa funzione può risultare utile per quegli utenti che desiderino, in modo sistematico, piuttosto che occasionalmente, post-processare i risultati utilizzando settaggi personalizzati.

### Registri di Analisi

Come discusso in precedenza, durante una qualsiasi analisi, viene creato un registro del suo progresso numerico e della risposta prestazionale del modello, che viene salvato nel file di registro del progetto (\*\_Eig.log). I contenuti di tale file possono essere visualizzati nel modulo **Registri di Analisi** e, se necessario, copiati e incollati in qualsiasi altra applicazione di Windows.

Si segnala inoltre che, poiché la data e l'ora dell'ultima analisi vengono salvate all'interno del file di registro, gli utenti possono fare riferimento a questo modulo quando è necessario questo tipo di informazione.



# Analisi lineari e non lineari

## GENERALE

In SeismoBuild sono stati programmati tutti i metodi analitici (lineari e non lineari) proposti dai diversi Standard, ovvero (i) la Procedura Statica Lineare LSP, (ii) la Procedura Dinamica Lineare LDP, (iii) la Procedura Statica Nonlineare NSP e (iv) la Procedura Dinamica Non Lineare NDP.

In generale, i metodi non lineari sono considerati numericamente più avanzati e più accurati nella rappresentazione del carico sismico. Tengono esplicitamente in considerazione la concentrazione del danno nei punti più deboli dell'edificio e la redistribuzione delle forze sulla formazione di cerniere plastiche, considerando sia l'inelasticità del materiale che le non linearità geometriche. Inoltre, il metodo dinamico non lineare (sebbene più complicato nella sua applicazione) è considerato il metodo di analisi più accurato, poiché riesce a rappresentare meglio la natura dinamica del carico sismico rispetto alle sue controparti statiche. Di conseguenza, i metodi non lineari sono quelli che vengono principalmente impiegati per la valutazione e il consolidamento degli edifici esistenti in cemento armato.

## PROCEDURA STATICA LINEARE

Con la procedura statica lineare (Metodo delle forze laterali secondo nomenclatura dell'EC8), ad un modello strutturale elastico-lineare viene applicata una distribuzione di forze laterali di tipo triangolare (pseudo-sismica), che si presume approssimi il carico del terremoto, al fine di calcolare le forze interne e gli spostamenti del sistema. Questi effetti dell'azione vengono quindi confrontati con le capacità degli elementi per il livello di prestazione selezionato, sempre in termini di forze, e, se le capacità sono maggiori delle richieste, la struttura è considerata sicura.

Il periodo fondamentale di vibrazione dell'edificio per l'azione laterale nella direzione considerata viene calcolato mediante analisi agli autovalori o con metodi empirici più approssimativi, da cui si calcola l'ordinata dello spettro di risposta  $S_a$ . La forza laterale totale è proporzionale all'accelerazione spettrale  $S_a$  e al peso dell'edificio  $W$ :

$$V = C_1 \times C_2 \times C_m \times S_a \times W \rightarrow \text{in ASCE 41 o}$$

$$V = \lambda \times S_a \times W \rightarrow \text{in Eurocode 8}$$

$C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_m$  e  $\lambda$  sono diversi fattori di modifica facilmente calcolabili, che sono correlati agli effetti dei modi di vibrare più elevati e a parametri, come gli spostamenti anelastici massimi previsti, l'effetto delle forme di isteresi con pinching, la rigidezza e il deterioramento della resistenza. Questa forza totale viene quindi distribuita ad ogni piano, secondo la distribuzione di massa dell'edificio, e la forma modale del modo fondamentale (in EC8) o una distribuzione triangolare invertita (in ASCE-41 e EC8).

Per la sua natura approssimativa, il procedimento statico lineare è consentito solo nei casi di costruzioni molto regolari, basse, che subiscono danni limitati e non subiscono grosse deformazioni anelastiche. In particolare:

- (i) Il rapporto domanda/capacità DCR dovrebbe essere basso per tutti gli elementi strutturali. Per le rotture di tipo fragile, dovrebbero essere inferiori all'unità.
- (ii) Non dovrebbero esserci discontinuità e irregolarità di resistenza o rigidezza nel piano.
- (iii) Non dovrebbero esserci discontinuità e irregolarità di forza o rigidezza fuori dal piano.
- (iv) Non dovrebbero esserci irregolarità di resistenza o rigidezza di piano debole.
- (v) Non dovrebbero esserci irregolarità di resistenza o rigidezza torsionale.
- (vi) Il periodo fondamentale non dovrebbe essere grande.

## PROCEDURA DINAMICA LINEARE

La Procedura Dinamica Lineare (Analisi Modale con Spettro di Risposta, secondo la nomenclatura dell'EC8) è simile alla Procedura Statica Lineare, almeno per quanto riguarda l'approccio di modellazione. Anche in questo caso il modello è elastico e durante l'analisi non si verifica alcuna degradazione della rigidità. Tuttavia, il metodo è in qualche modo più sofisticato, poiché il profilo delle forze laterali non è più arbitrario, ma viene calcolato come una combinazione dei contributi modali dei diversi modi di vibrazione della struttura. Gli effetti dell'azione degli elementi strutturali vengono nuovamente confrontati con le capacità per il livello di prestazione selezionato in termini di forze e, se le capacità sono maggiori delle richieste, la struttura è considerata sicura. La Procedura Dinamica Lineare si basa sulla nota analisi con spettro di risposta (RSA) [es. Rosenblueth, 1951; Chopra, 1995] ed è il metodo di analisi che viene tipicamente impiegato per la progettazione di nuove strutture.

L'analisi con spettro di risposta è un metodo pseudo dinamico, in grado di fornire i valori di picco delle grandezze di risposta, come forze e deformazioni, di una struttura soggetta ad azione sismica con una serie di analisi statiche, piuttosto che analisi dinamiche nel tempo. In questo contesto, la storia temporale di accelerazione imposta ai supporti della struttura è sostituita da forze statiche equivalenti, che sono distribuite ai GDL liberi della struttura e rappresentano il contributo di ogni modo di vibrare naturale. Queste forze equivalenti sono derivate per ciascuna modo di vibrare separatamente come prodotto di due quantità: (i) la distribuzione della forza di inerzia modale (quindi è necessaria l'analisi degli autovalori) e (ii) la risposta di pseudo-accelerazione per ciascun modo (ottenuta dallo spettro di risposta smorzato al 5 %). Per ogni modo significativo viene condotta un'analisi statica, quindi ogni quantità di risposta di picco finale viene derivata dalla sovrapposizione delle quantità corrispondenti a ciascun modo.

È necessario considerare un numero sufficiente di modi di vibrare per riuscire a catturare almeno il 90% della massa partecipante dell'edificio in ciascuna delle due direzioni orizzontali principali (ortogonali) dell'edificio, trascurando così solo i modi di vibrare meno significativi in termini di massa partecipante. L'EC8 richiede inoltre che vengano presi in considerazione tutti i modi con più del 5% della massa partecipante in qualsiasi direzione.

Poiché i picchi nelle risposte di ciascun modo si verificano generalmente in diversi istanti temporali e non è stata condotta un'analisi nel tempo rigorosa, non è possibile determinare i valori di picco esatti delle grandezze di risposta. Pertanto, è necessario introdurre approssimazioni implementando una delle regole di combinazione modale (statistica), come la somma assoluta (ABSSUM), la radice quadrata della somma dei quadrati (SRSS) e la combinazione quadratica completa (CQC). La CQC è suggerita quando i periodi sono ravvicinati, con correlazione incrociata tra le forme modali. L'SRSS può essere utilizzata quando i periodi differiscono di oltre il 10%, mentre l'ABSSUM offre un limite superiore di risposta molto sicuro.

La stessa procedura viene ripetuta per ciascuna direzione sismica desiderata EX, EY ed EZ utilizzando spettri di risposta diversi o uguali. Solitamente viene richiesto di considerare contemporaneamente due o tre direzioni di carico sismico (EX, EY, EZ), unitamente ai carichi statici gravitazionali (G+Q) della struttura (la componente verticale EZ è obbligatoria solo per gli elementi per i quali la vibrazione verticale è considerata critica, es. sbalzi significativi, ecc.). Le direzioni di carico sismico possono essere combinate linearmente ( $E = \pm EX \pm EY \pm EZ$ ) con fattori diversi  $f_{EX}$ ,  $f_{EY}$ ,  $f_{EZ}$  per direzione (solitamente  $f_{EX}=f_{EY}=f_{EZ}=1.00$  o  $0.30$ ) o mediante la regola SRSS ( $E = \pm \sqrt{EX^2 + EY^2 + EZ^2}$ ). I carichi gravitazionali e i sovraccarichi variabili sono definiti e sommati algebricamente. Poiché i carichi sismici sono presi in considerazione con entrambi i segni per ogni direzione, i risultati delle combinazioni di carico RSA in termini di qualsiasi quantità di risposta sono presentati come involuppi.

Contrariamente alla procedura statica lineare, la procedura dinamica lineare è adatta per edifici con un periodo fondamentale più grande, in cui gli effetti dei modi di vibrare superiori sono importanti. A parte questo, tutte le raccomandazioni e le limitazioni descritte per la Procedura Lineare Statica si applicano anche alla Procedura Lineare Dinamica.

- (vii) Il rapporto domanda/capacità DCR dovrebbe essere basso per tutti gli elementi strutturali. Per le rotture di tipo fragile, dovrebbero essere inferiori all'unità.

- (viii) Non dovrebbero esserci discontinuità e irregolarità di resistenza o rigidezza nel piano.
- (ix) Non dovrebbero esserci discontinuità e irregolarità di forza o rigidezza fuori dal piano.
- (x) Non dovrebbero esserci irregolarità di resistenza o rigidezza di piano debole.
- (xi) Non dovrebbero esserci irregolarità di resistenza o rigidezza torsionale.

## PROCEDURA STATICA NON LINEARE

Quando si desidera effettuare una stima della capacità orizzontale di strutture che presuppongono una risposta dinamica non significativamente influenzata dai livelli di deformazione sostenuti (ossia la forma della distribuzione di carico orizzontale, atta a simulare la risposta dinamica, può essere ipotizzata costante), viene impiegata l'**analisi pushover convenzionale** (non adattiva).

I carichi verticali introdotti, e applicati al modello strutturale in aggiunta ai carichi incrementali, sono pari a  $C_g G + C_q Q$ , dove  $C_g$  e  $C_q$  sono, rispettivamente, i coefficienti dei carichi permanenti e variabili, definiti nella scheda Azioni Statiche del modulo Requisiti Normativi. Si prega di notare che viene anche introdotto il carico da neve quando richiesto, ossia  $C_g G + C_q Q + C_s S$  per ASCE 41-23 e TBDY. Il peso proprio delle travi e dei pilastri è calcolato in modo automatico sulla base dei pesi specifici dei materiali e della geometria delle sezioni. Il peso proprio aggiuntivo dei solai nonché i carichi variabili sono introdotti automaticamente come massa aggiuntiva sulle travi. L'analisi statica nonlineare può essere applicata con **due** differenti **distribuzioni di carico** orizzontale:

- (i) una distribuzione "uniforme", che tenta di simulare una risposta inelastica dominata da un meccanismo di piano debole (con sviluppo di cerniere plastiche all'estremità superiore e inferiore di tutte le colonne di un piano, tipicamente il piano terra, che viene sottoposto alle forze laterali più elevate);
- (ii) una distribuzione "modale", proporzionale al modo elastico fondamentale traslazionale.

I carichi incrementali possono essere applicati in entrambe le direzioni (X e Y) e in entrambi i versi, positivo e negativo. Inoltre, i carichi incrementali applicati in direzione X e in direzione Y possono essere considerati agenti simultaneamente applicando entrambe le seguenti combinazioni:

- I.  $\pm F_x \pm 0.30 F_y$
- II.  $\pm 0.30 F_x \pm F_y$

Dove  $F_x$  e  $F_y$  rappresentano i carichi incrementali applicati, rispettivamente, in direzione X e Y.

Infine, per tener conto delle incertezze nella posizione delle masse e nella variazione spaziale del moto sismico, il centro di massa calcolato ad ogni piano può essere considerato spostato dalla sua posizione nominale rispettivamente di un'eccentricità accidentale pari al 5% della dimensione in pianta perpendicolare alla direzione dell'azione sismica.

Il carico incrementale applicato  $P$  è mantenuto proporzionale allo schema nominale dei carichi ( $P^0$ ) definito di default dal programma sulla base delle prescrizioni normative:  $P = \lambda(P^0)$ . Il fattore di carico  $\lambda$  è automaticamente incrementato dal programma fino al raggiungimento di un limite definito dalla normativa o fino al raggiungimento del collasso numerico. Per l'incremento del fattore di carico viene seguita la strategia di controllo dello spostamento, che consiste nell'incrementare direttamente lo spostamento globale del nodo di controllo e nel calcolare il fattore di carico che corrisponde a tale spostamento.

## PROCEDURA DINAMICA NON LINEARE

La procedura dinamica non lineare (NDP: Nonlinear Dynamic Procedure) costituisce un approccio sofisticato per esaminare le richieste anelastiche prodotte su una struttura da una specifica suite di storie temporali in accelerazione del moto del suolo. Trattandosi del metodo di analisi numericamente più avanzato, è anche il più accurato nella rappresentazione della natura dinamica del carico sismico.

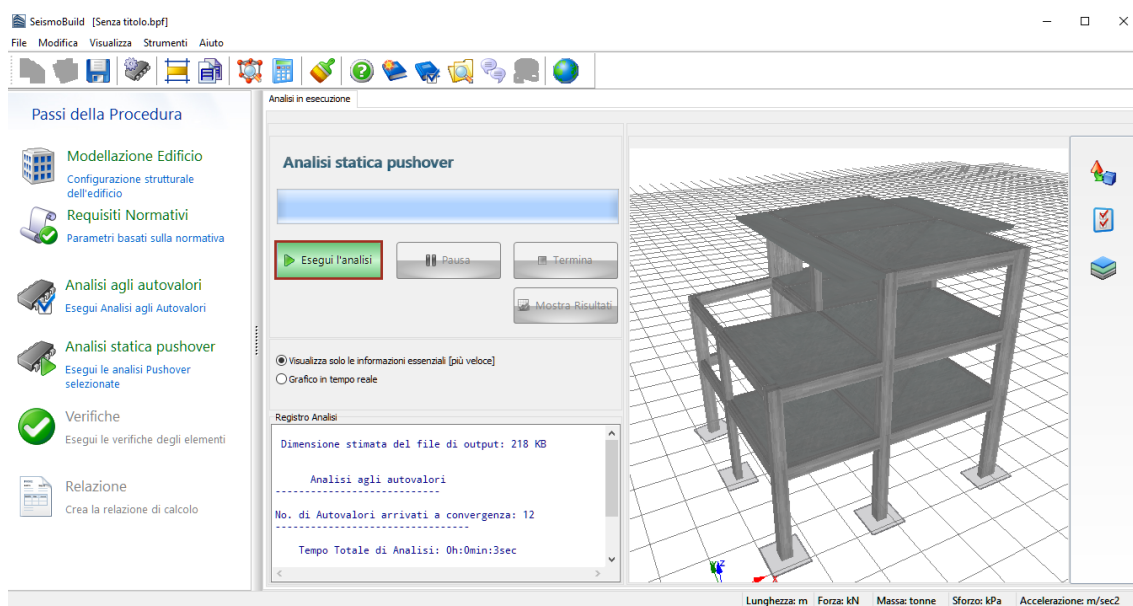
Poiché l'analisi dinamica non lineare implica meno presupposti rispetto alla procedura statica non lineare, essa è soggetta a meno limitazioni rispetto alla procedura statica non lineare. Tiene conto automaticamente degli effetti dei modi di vibrare superiori e dei cambiamenti nei modelli di carico inerziale quando si verifica l'indebolimento della struttura. Inoltre, fornisce risultati affidabili anche per strutture altamente irregolari o con azione sismica irregolare (ad es. movimento del terreno vicino alla faglia o carico in 2 o 3 direzioni contemporaneamente). Di conseguenza, la NDP è l'unico metodo che può essere utilizzato per qualsiasi configurazione strutturale e qualsiasi tipo di carico. In pratica, è possibile analizzare con adeguata accuratezza qualsiasi configurazione strutturale soggetta a qualsiasi tipo di azione sismica.

Analogamente all'analisi pushover, i carichi verticali introdotti applicati al modello 3D sono uguali a  $C_g G + C_q Q$  (o  $C_g G + C_q Q + C_s S$  per ASCE 41-23 e TBDY). I coefficienti  $C_g$ ,  $C_q$  e  $C_s$  sono i coefficienti di carico permanente, variabile e neve definiti nella scheda Azioni statiche. Il peso proprio delle travi e dei pilastri viene calcolato automaticamente in base al peso specifico dei materiali e alla geometria delle sezioni. I carichi gravitazionali dei solai e i sovraccarichi variabili vengono introdotti automaticamente come massa aggiuntiva delle travi.

L'analisi dinamica non lineare viene eseguita applicando, alla base della costruzione, particolari set di accelerogrammi. In SeismoBuild questi consistono nelle componenti orizzontali ortogonali del moto sismico. Entrambe le componenti sono rappresentate da registrazioni artificiali compatibili (per il livello di pericolosità sismica selezionato) con lo spettro target specificato. Nelle normative EC8, NTC-18 e KANEPE si precisa che, quando sono specificate 7 o più coppie di accelerogrammi, deve essere considerata la risposta media; invece, quando si considera un numero inferiore di record, è necessario far riferimento, ai fini delle verifiche, al valore più sfavorevole (tra tutte le analisi) della quantità di risposta. In modo simile, secondo l'ASCE 41 e la normativa turca TBDY è necessario impiegare una suite di non meno di 11 registrazioni del moto del suolo per ogni spettro target al fine di poter considerare la risposta media nelle verifiche strutturali.

## PROCESSORE

Dopo aver introdotto la configurazione strutturale del modello, e una volta eseguita l'analisi agli autovalori, l'utente è quindi pronto per eseguire l'analisi pushover. Per fare ciò è necessario recarsi nell'area **Spettro di risposta dell'analisi lineare**, **Analisi Pushover** o **Analisi Dinamica** di SeismoBuild e selezionare il pulsante *Esegui Analisi*.

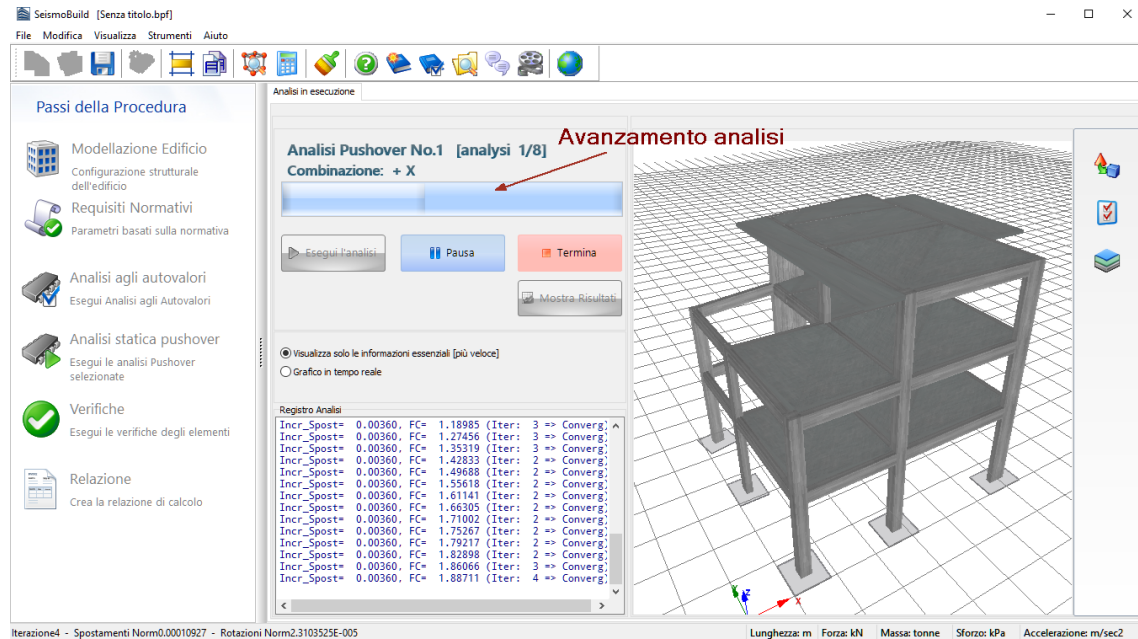


Area del Processore

A seconda delle dimensioni della struttura, degli elementi frame selezionati, dei carichi applicati e delle capacità di elaborazione del computer, l'analisi può durare pochi secondi o diversi minuti.

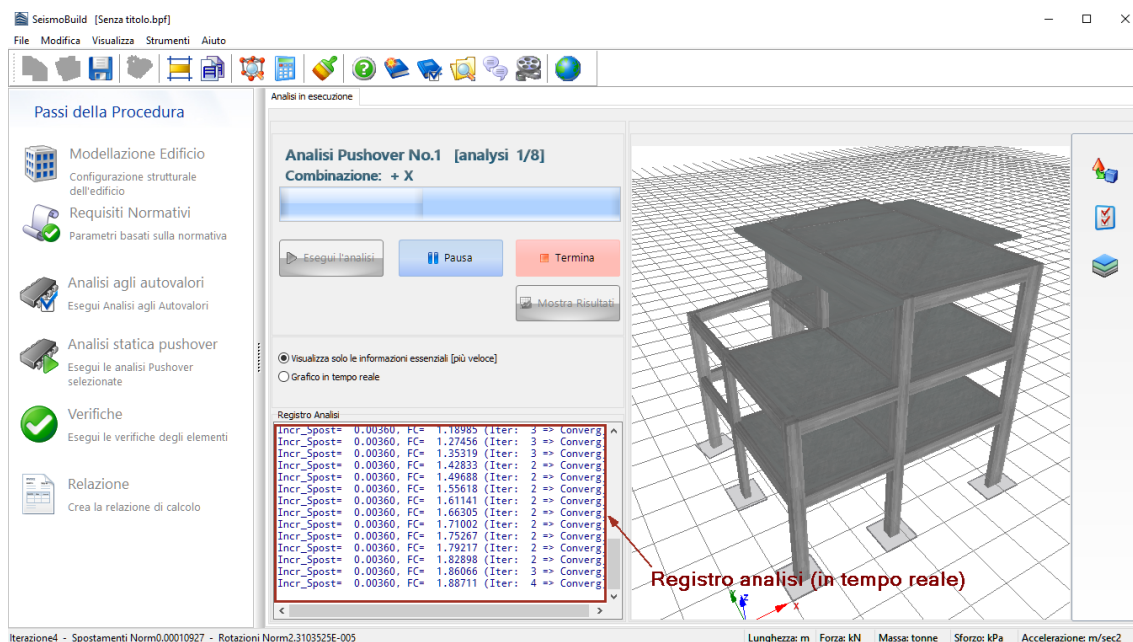
Mentre l'analisi procede, una *barra di avanzamento* fornisce all'utente un'indicazione percentuale di quanto velocemente l'analisi stia avanzando. L'utente può, in questo modo, verificare il tempo mancante alla fine del processo e quindi programmare gli altri lavori.

L'analisi può anche esser messa in pausa, in modo che l'utente possa (i) liberare momentaneamente risorse computazionali in modo da portare a compimento un lavoro urgente o (ii) verificare i risultati ottenuti fino a quell'istante, cosa che può essere utile per decidere se vale la pena procedere con una lunga analisi. Se l'utente preme nuovamente sul pulsante *Esegui Analisi*, l'analisi potrà essere ripresa.



### Barra di avanzamento e pulsanti "Pausa"/"Stop"

All'utente viene anche mostrato in tempo reale il *Registro di Analisi*, che fornisce le informazioni sull'avanzamento dell'analisi, le condizioni di convergenza (per ogni incremento globale del carico) e il controllo del carico.



### Registro di Analisi in tempo reale

Questo registro è salvato in un file di testo (\*\_Push(number of analysis).log) che presenta lo stesso nome del file di progetto e che indica la data e il tempo in cui l'analisi è stata condotta (quel tipo di informazioni non tecniche che però possono risultare utili). Inoltre, durante l'analisi viene mostrato in tempo reale il corrispondente file log, salvato nello stesso file \*\_Push(number of analysis).log.

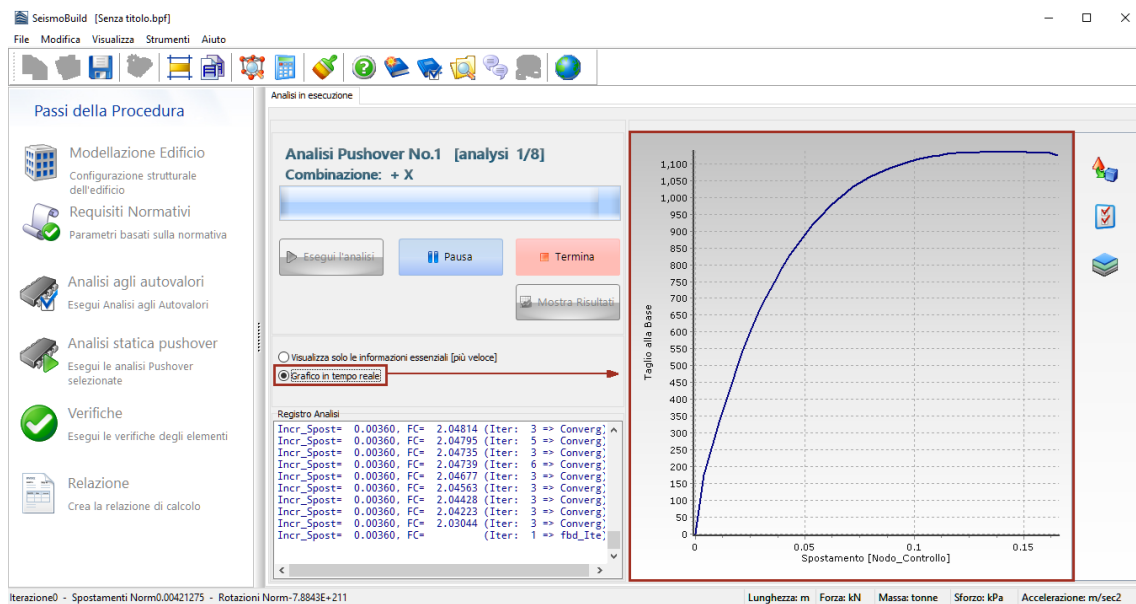
Nella parte inferiore della finestra, vengono mostrate le *norme di convergenza* al termine di un certo incremento (globale) di carico.

Iterazione3 - Spostamenti Norm0.0001093 - Rotazioni Norm0.00011317

### Norme di convergenza

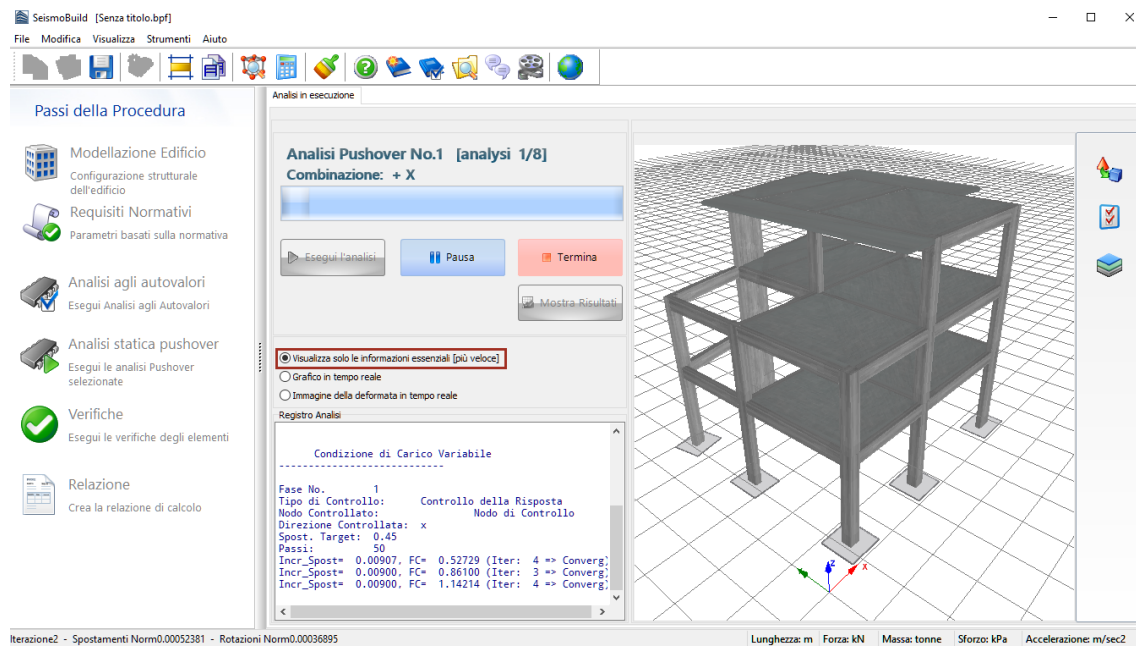
Inoltre, l'utente ha la possibilità di vedere graficamente e in tempo reale la **curva di capacità della struttura** (curva pushover), ottenuta per il nodo di controllo e il rispettivo grado di libertà (nel caso di Analisi Pushover) oppure il diagramma spostamento in sommità vs. tempo (nel caso di Analisi Dinamica).





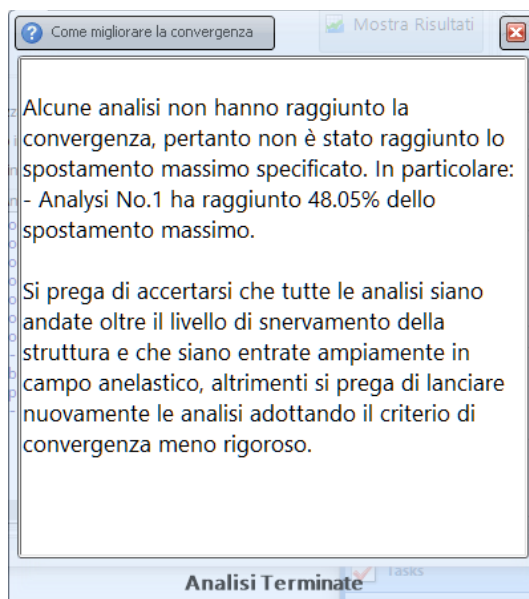
### Opzione Grafico in tempo reale

Ad ogni modo, entrambe questa opzione può rallentare l'analisi e aumentare il suo tempo di esecuzione (se applicate su computer non particolarmente veloci); per questo motivo, l'utente ha la possibilità di disabilitare la visualizzazione in tempo reale, scegliendo di seguire solamente i registri di analisi.



### Opzione di visualizzazione delle informazioni essenziali

Una volta che le analisi sono giunte al termine, sullo schermo appare un messaggio che fornisce informazioni sull'esecuzione delle analisi. In particolare, il messaggio comunica se l'intero processo è stato completato con successo (ossia se tutte le analisi hanno raggiunto lo spostamento massimo specificato oppure sono stati completati tutti i passi delle storie temporali nell'analisi dinamica), oppure se il solutore di SeismoBuild non è stato in grado di eseguire tutte le analisi fino alla fine, a causa di difficoltà di convergenza. Nell'ultimo caso il messaggio informa l'utente sulla percentuale di spostamento massimo raggiunto quando l'analisi è terminata.



**Messaggio informativo**

**NOTA 1:** Qualora la deformata in tempo reale della struttura risulti difficile da interpretare (poiché gli spostamenti sono o troppo grandi o troppo piccoli), l'utente può premere con il tasto destro del mouse sulla finestra di animazione del modello, e regolare i *Moltiplicatori della Deformata*. Sono disponibili anche le *Opzioni Immagine 3D* per ulteriori raffinamenti (ad esempio, in alcuni casi può essere utile fissare gli assi del grafico piuttosto che averli in continuazione aggiornati dal programma). Si prega di far riferimento alla sezione sul *Visualizzatore della Deformata* per ulteriori indicazioni e informazioni sulla visualizzazione in tempo reale della deformata del modello.

**NOTA 2:** La versione attuale di SeismoBuild non è in grado di sfruttare l'hardware per elaborazioni "multi-processore", e quindi la velocità di una singola analisi può essere aumentata solo aumentando la velocità della CPU (insieme alla velocità della cache della CPU, il Front Side Bus, i moduli RAM, la RAM video, l'Hard-Disk (rotazione e accesso)). La presenza di più CPU, tuttavia, ridurrà i tempi di esecuzione di più analisi contemporanee, poiché in tal caso verrà effettuata una "elaborazione in parallelo".

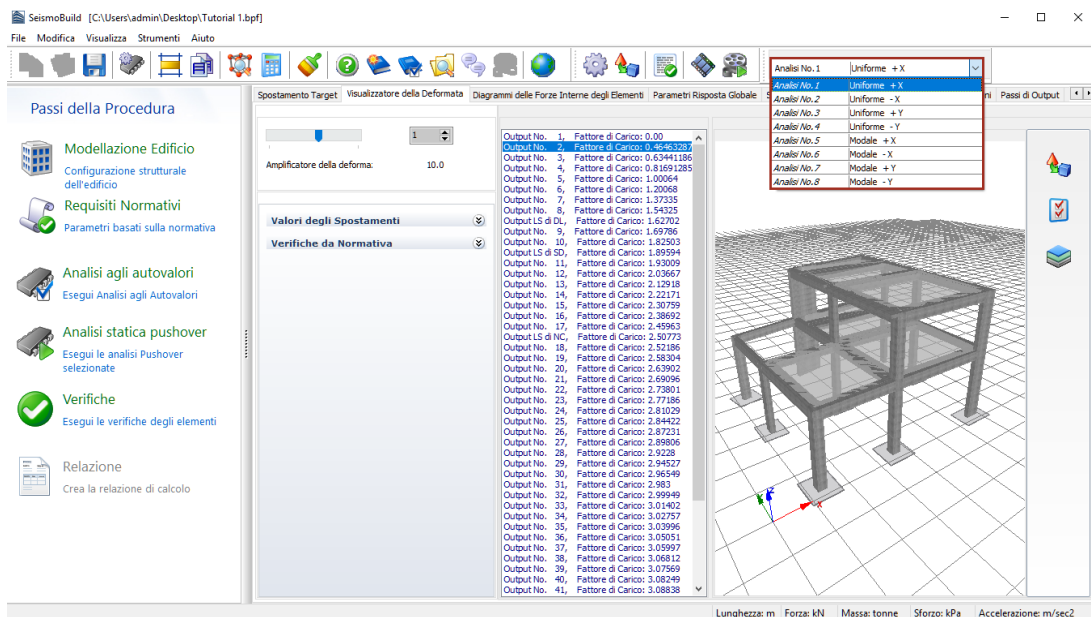
**NOTA3:** SeismoBuild ha una limitazione di RAM (4GB in sistemi Windows a 64-bit e 3GB in sistemi a 32-bit).

## POST-PROCESSORE

Una volta terminate le analisi gli utenti possono visualizzare i risultati premendo sul pulsante *Mostra Risultati*. I risultati delle analisi vengono salvati in un file di risultati di SeismoBuild, distinguibile per la sua estensione \*.brf, che avrà lo stesso nome del file di progetto.

L'area Mostra Risultati presenta una serie di moduli in cui possono essere visualizzati, in formato grafico o tabellare, i risultati di tutte le analisi, che poi possono essere copiati in qualsiasi altra applicazione di Windows (ad esempio, i risultati tabellari in un foglio di calcolo come Microsoft Excel, mentre i risultati grafici in un programma di elaborazione testi, come Microsoft Word). Tramite un apposito menu a discesa, posto sul lato destro della barra degli strumenti, gli utenti possono scegliere quali risultati visualizzare.

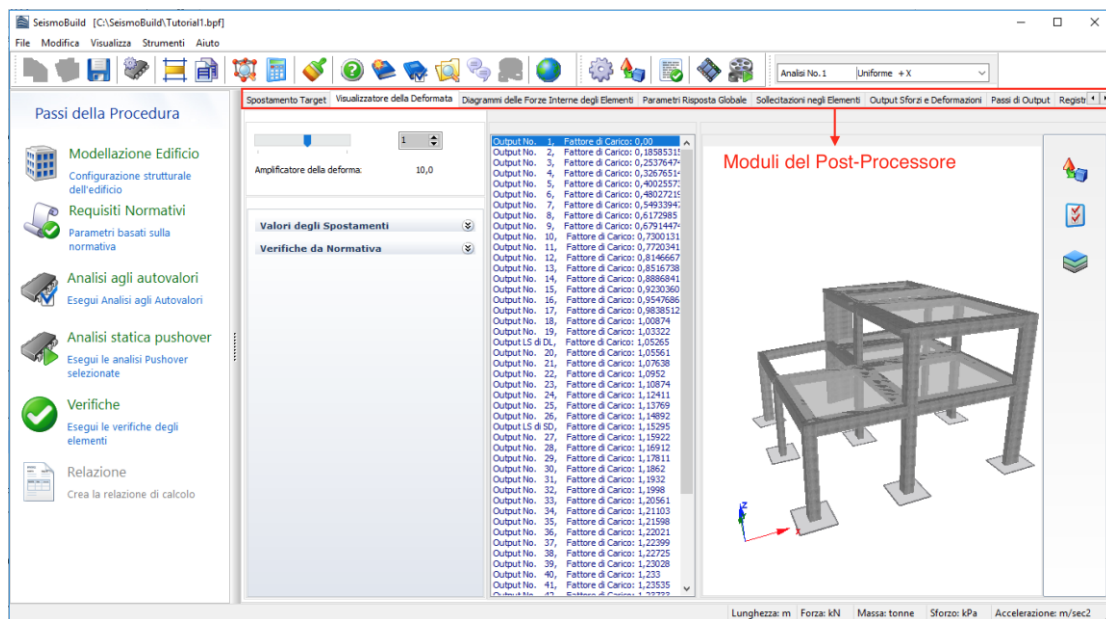




### Selezione dei risultati dell'analisi da visualizzare

I moduli disponibili nel Post-Processore sono elencati nel seguito e verranno descritti in dettaglio nei paragrafi seguenti:

- Spostamento Target(disponibile nei risultati dell'analisi Pushover)
- Visualizzatore della Deformata
- Dettagli di Convergenza
- Diagrammi delle Sollecitazioni
- Parametri Risposta Globale
- Sollecitazioni negli Elementi
- Passo di Output
- Registri di Analisi




### Moduli del Post-Processore

Ci sono alcune operazioni generali che si applicano a tutti i moduli del post-processore. Ad esempio, il modo in cui le componenti del modello (come nodi, sezioni, elementi, ecc.) appaiono in tutte le finestre di dialogo nel post-processore.

### Impostazioni del Post-Processore

Spesso risulta molto utile poter applicare ai risultati un fattore moltiplicativo o un coefficiente. Per esempio, se l'analisi è stata effettuata utilizzando Nmm, come unità di misura per i momenti, gli utenti potrebbero voler moltiplicare i risultati corrispondenti di  $1e-6$ , in modo da ottenere momenti espressi, invece, in kNm. In alternativa, e come altro esempio, gli utenti potrebbero anche voler moltiplicare i valori degli sforzi nel calcestruzzo per un fattore pari a -1, in modo che gli sforzi e le deformazioni di compressione vengano tracciati nel quadrante x-y positivo (presentazione classica). Pertanto, gli utenti hanno la possibilità di applicare moltiplicatori a tutte le quantità che possono essere post-processate.

Questo viene fatto dal menu principale *Strumenti > Impostazioni Post-Processore* oppure dal menu popup ottenuto col tasto destro del mouse o tramite il pulsante della barra degli strumenti .




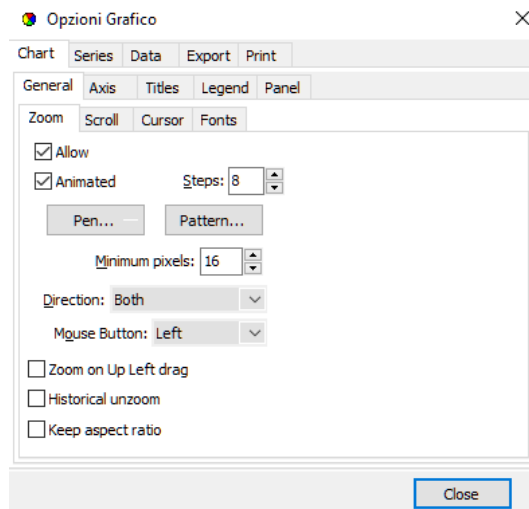
**Impostazioni Post-Processore**

Inoltre, le *Impostazioni del Post-Processore* forniscono agli utenti anche la possibilità di 'trasporre' le tabelle di output. Questa operazione torna molto utile nei casi in cui, ad esempio, un modello sia caratterizzato da diverse migliaia di nodi/elementi, che a sua volta portano a tabelle di output con un numero altrettanto grande di colonne che non possono essere copiate nei fogli di calcolo (ad esempio Microsoft Excel) che dispongono di un limite piuttosto rigoroso sul numero di colonne (max = 16384). Trasponendo le tabelle, i nodi/elementi vengono quindi elencati per riga, superando così le limitazioni sopra descritte (in generale, i fogli di calcolo di cui sopra permettono l'inserimento di tabelle fino ad un max di 1048576 righe).

**NOTA:** Le impostazioni del post-processore si applicano a tutti i suoi moduli. Quindi, gli utenti dovrebbero avere in mente che, se per esempio si applica un coefficiente -1 ai valori del taglio alla base totale della struttura (rappresentati come una quantità in y nel modulo *Curve isteretiche*), allora i valori degli sforzi dei materiali (rappresentati come una quantità in y nel modulo *sforzi e deformazioni*) verranno anch'essi modificati da questo moltiplicatore -1.

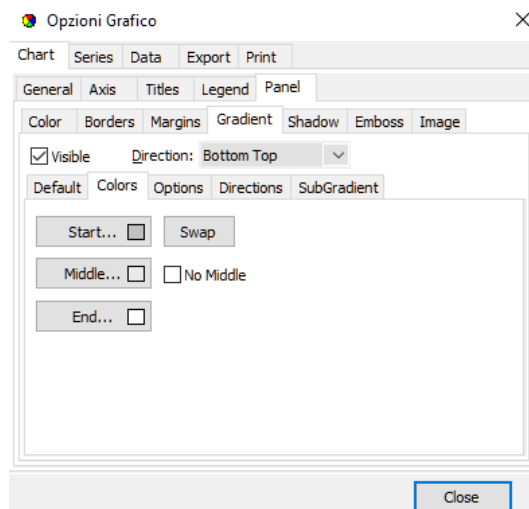
### Opzioni Grafico

Tutti i grafici mostrati nei moduli del Post-Processore possono essere modificati e personalizzati usando la funzione *Opzioni Grafico*, disponibile dal menu principale (*Strumenti > Opzioni Grafico...*), oppure premendo il pulsante della barra degli strumenti  o dal menu popup ottenuto col tasto destro del mouse. L'utente può, quindi, modificare le caratteristiche delle linee (colore, spessore, stile, ecc.), lo sfondo (colore, gradiente), gli assi (colore, dimensione del carattere e stile delle etichette, ecc.) e i titoli del grafico. Tramite le impostazioni di salvataggio e di caricamento del grafico (*Salva Impostazioni Grafico...* e *Carica Impostazioni Grafico...*), disponibili per mezzo del tasto destro del menu di popup, è possibile salvare le impostazioni del grafico, nonché richiamarle per assegnarle ad altri grafici.



Opzioni Grafico – Generale


**NOTA:** Prima di copiare i grafici dei risultati in altre applicazioni di Windows, gli utenti potrebbero voler rimuovere il gradiente di sfondo del grafico, che ha un bell'aspetto sullo schermo, ma che invece sta abbastanza male sui documenti stampati. Questa modifica può essere fatta facilmente nel tab Pannello della finestra di dialogo *Opzioni Grafico*.



Opzioni Grafico – Pannello

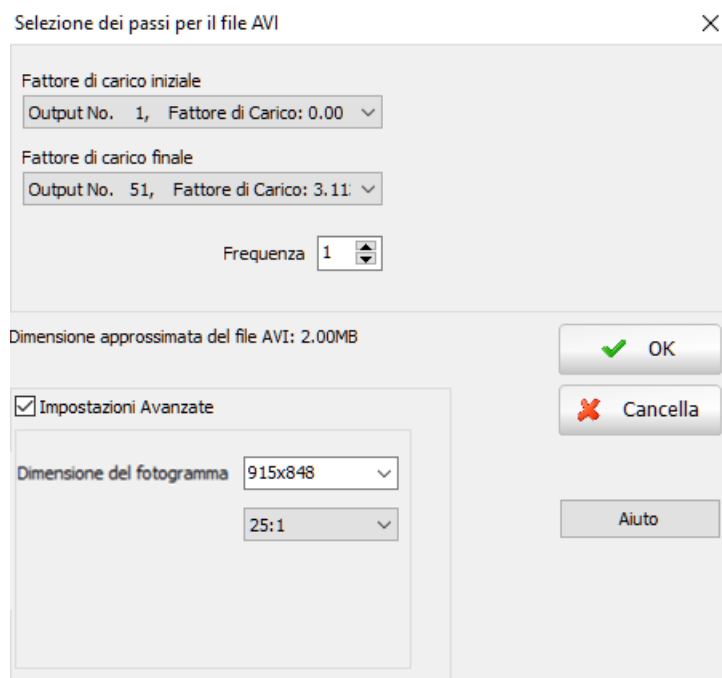
Si possono anche fare ingrandimenti e rimpicciolimenti trascinando il mouse sul grafico (una selezione dall' "alto a sinistra" a "in basso a destra" ingrandisce l'immagine, mentre, viceversa, una selezione dal "basso a destra" a "in alto a sinistra" rimpicciolisce).

### Come creare un filmato dell'analisi

SeismoBuild fornisce agli utenti la possibilità di creare animazioni che illustrano il modo in cui una particolare struttura, soggetta ad un dato set di carichi, si deforma nello pseudo-tempo (analisi statica). Questa funzionalità di creazione dei filmati è accessibile dal menù principale (*Strumenti > Crea file AVI...*) o tramite il pulsante della barra degli strumenti .


Per il caso delle animazioni di analisi statiche, gli utenti devono solo definire il nome del file video da creare (\*.avi), il fattore di carico iniziale e finale, e la frequenza di selezione delle immagini.

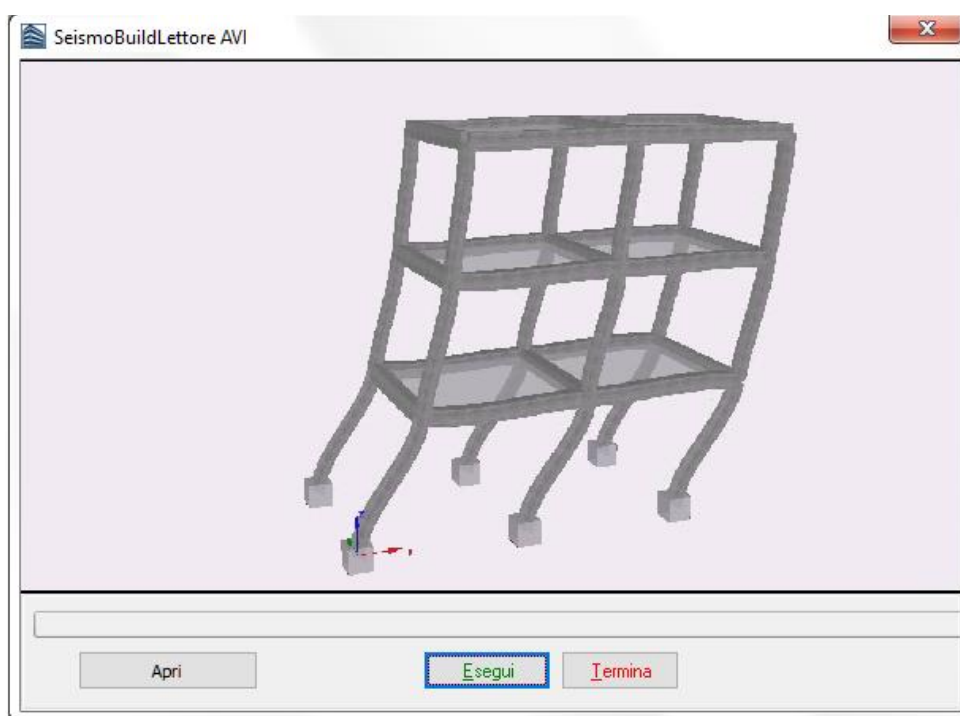
È evidente che, minore è la frequenza, più alto sarà il numero di immagini utilizzate nella realizzazione del filmato, e quindi maggiore sarà la qualità ('scorrevolezza' della sequenza video), ma anche maggiore sarà la dimensione del file finale. Il valore di frequenza più piccolo possibile è 1, il che effettivamente significa che tutte le deformate che sono state fornite come output saranno utilizzate nella creazione del filmato.



**Selezione dei passi per il file AVI**

Prima di creare l'animazione, gli utenti sono invitati a personalizzare l'immagine 3D sulla base delle loro esigenze o dei loro gusti, poiché queste impostazioni si rifletteranno sull'aspetto grafico del filmato. In particolare, si fa notare che durante la creazione del filmato, gli assi del modello non vengono aggiornati automaticamente; ciò implica che, prima di avviare il processo di creazione, gli utenti devono impostare gli assi con i loro valori maggiori (necessari). Ciò può essere fatto sia visualizzando un passo di output in cui le deformazioni sono al loro massimo valore, oppure ritoccando manualmente le caratteristiche degli assi (utilizzando le Opzioni Immagine 3D).

Una volta che l'animazione è stata creata, gli utenti possono verificare l'adeguatezza attraverso il Lettore AVI incorporato in SeismoBuild, che è accessibile dal menu principale del programma (*Strumenti > Mostra file AVI...*) o tramite il rispettivo pulsante della barra degli strumenti .

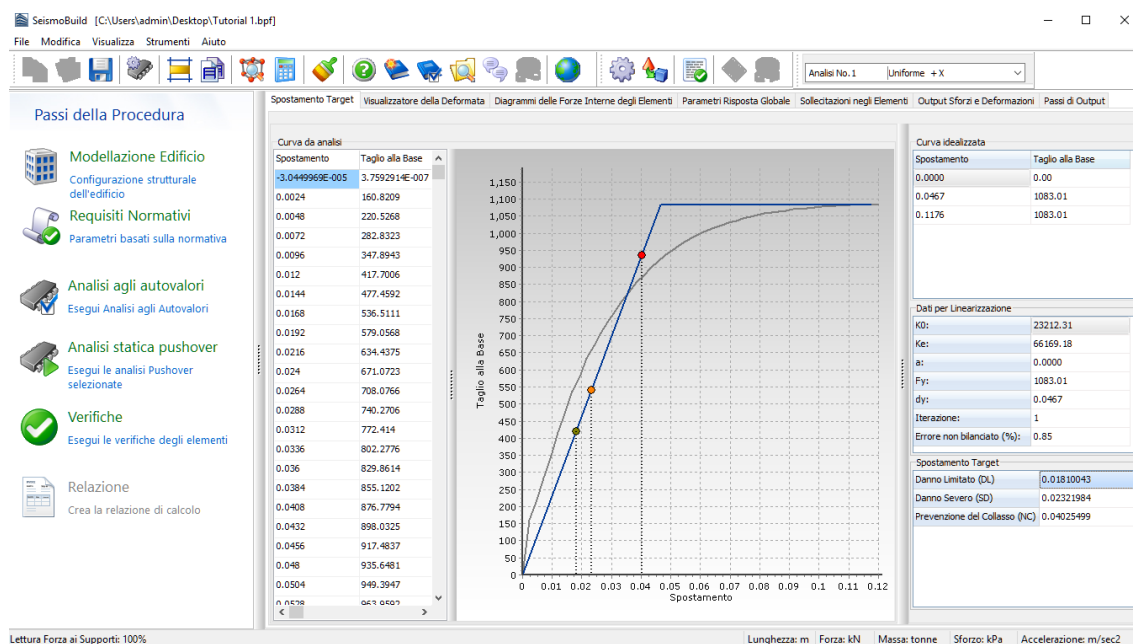


**Lettore AVI di SeismoBuild**

Le animazioni create in SeismoBuild (ossia i filmati AVI) possono essere aperti anche con altre applicazioni Windows, come Windows Media Player o, forse ancora più importante, Microsoft PowerPoint, dove possono essere utilizzati in presentazioni multimediali.

### **Spostamento Target**

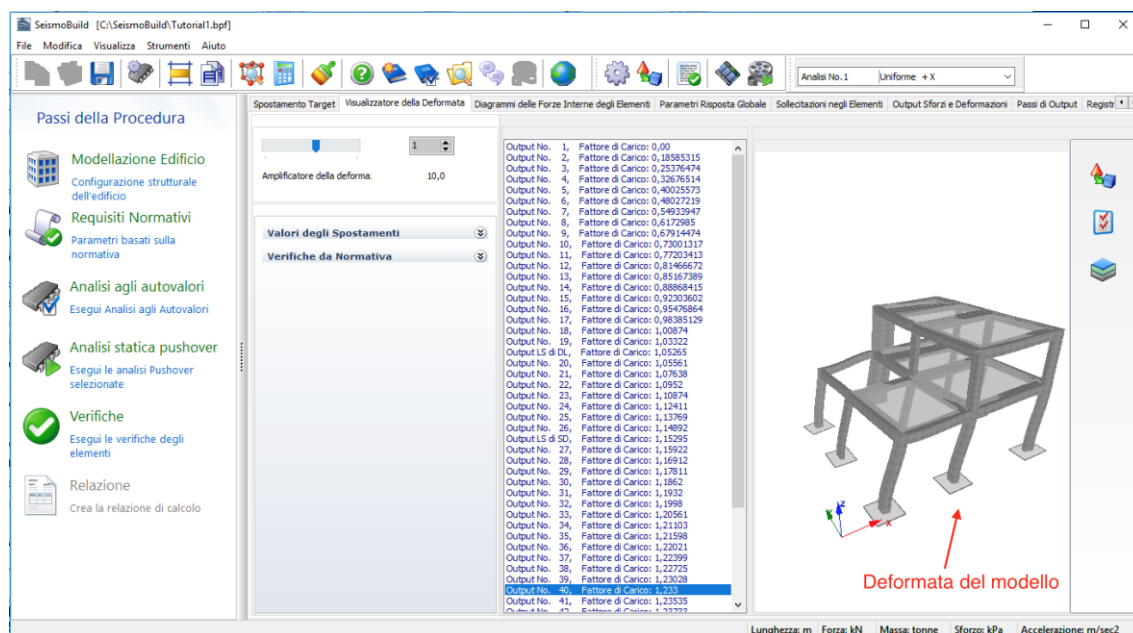
Nel modulo Spostamento Target vengono mostrate le curve di capacità prima e dopo la bi-linearizzazione che corrisponde all'analisi selezionata, insieme agli spostamenti target calcolati per gli stati limite selezionati nel modulo Requisiti Normativi. Vengono anche forniti i dati relativi alla linearizzazione e al calcolo dello spostamento target. La procedura di linearizzazione viene sempre eseguita in accordo con la metodologia proposta dalla normativa selezionata. Gli utenti possono fare riferimento all'Appendice A.1 - EUROCODICI, Appendice A.2 - ACSE, Appendice A.3 - NTC-18, Appendice A.4 - KANEPE e Appendice A.5 - TBDY. per ulteriori informazioni sul calcolo dello spostamento target.



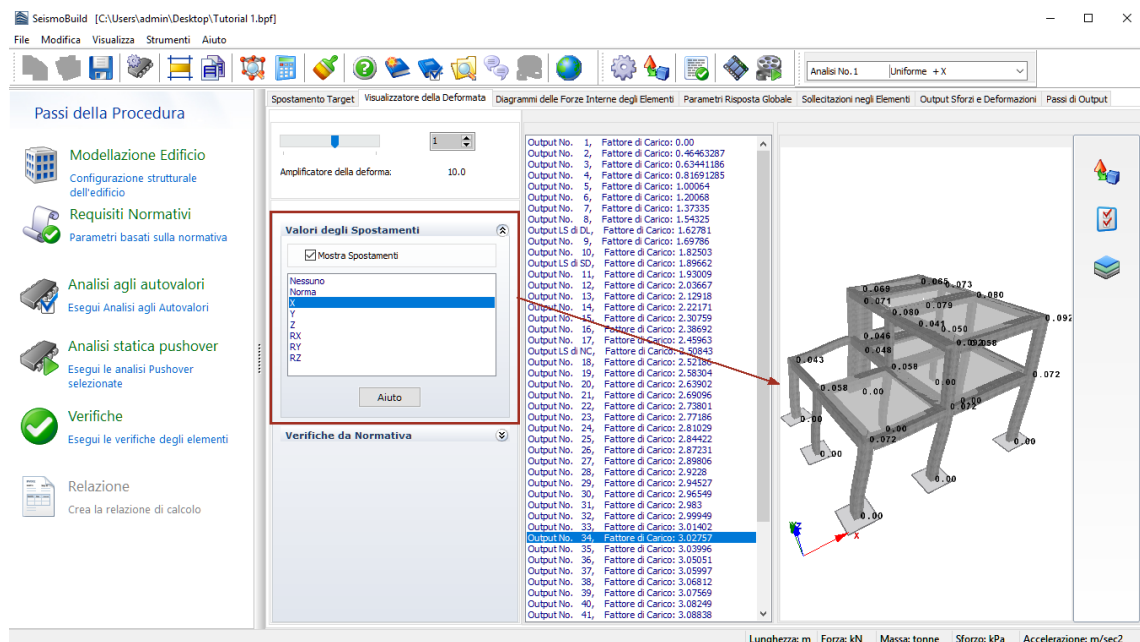
**Spostamento Target**

## Visualizzatore della Deformata

Con il *Visualizzatore della Deformata*, gli utenti hanno la possibilità di visualizzare la deformata del modello ad ogni passo dell'analisi (click sull'output desiderato per aggiornare la vista deformata), e quindi identificare facilmente la deformazione e l'eventuale collasso (o meccanismo).

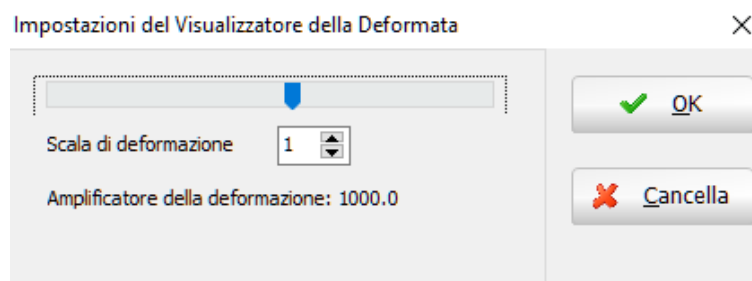


**Visualizzatore della Deformata**



### Visualizzatore della Deformata – Opzione Valori Spostamenti

L'immagine della deformata può essere modificata e personalizzata utilizzando le *Opzioni Immagine 3D*, e può essere copiata in qualsiasi applicazione di Windows tramite lo strumento *Copia Immagine 3D*. Inoltre, ogni volta che la deformata in tempo reale della struttura risulta essere di difficile interpretazione (in quanto gli spostamenti sono o troppo grandi o troppo piccoli), gli utenti possono utilizzare il *Moltiplicatore della Deformata*, disponibile sulla sinistra del modulo *Visualizzatore della Deformata*, dal menu principale (*Strumenti > Impostazioni Deformata...*) o tramite il corrispondente menu di popup.



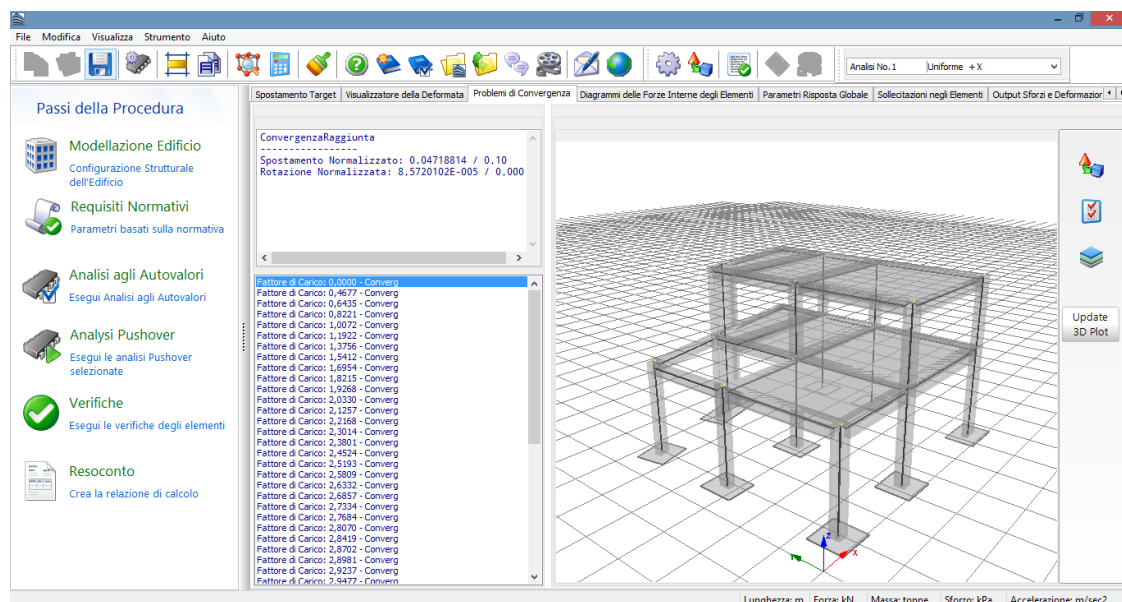
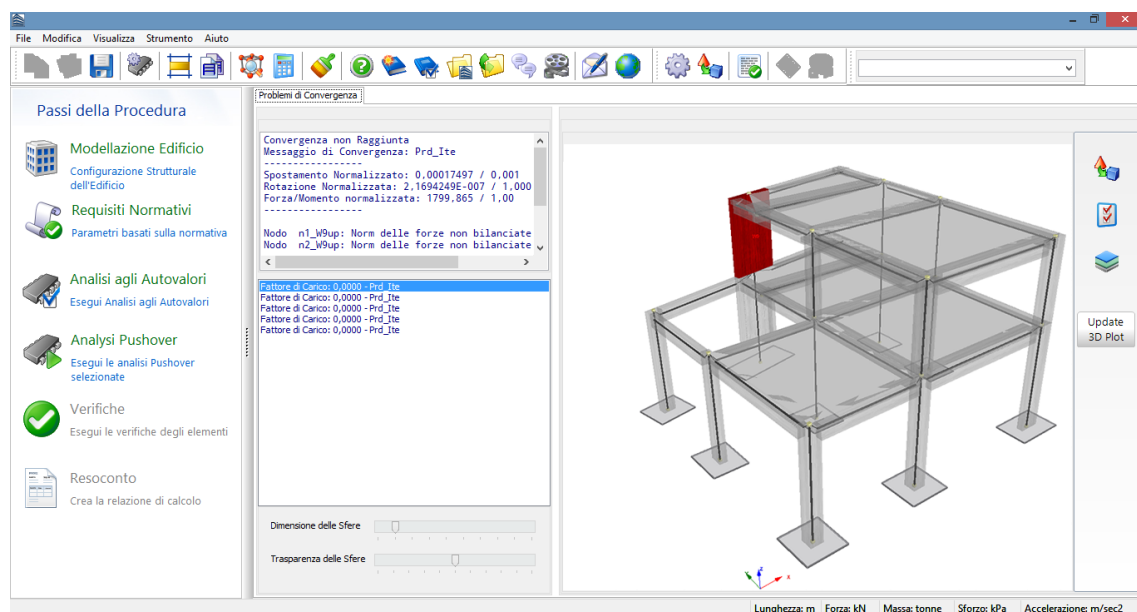
### Impostazioni Deformata

L'opzione di aggiornamento automatico del modello 3D dopo il cambiamento dei moltiplicatori. Gli utenti possono disattivare questa opzione e aggiornare manualmente premendo sul pulsante *Aggiorna Immagine 3D* sulla destra.

### Dettagli di Convergenza

Ogni volta che sorge un problema di convergenza, gli utenti possono comprendere quali siano gli elementi che causano la divergenza della soluzione. Gli elementi o le posizioni della struttura, nei quali si sono verificati problemi di convergenza, sono evidenziati nella vista 3D, mentre le informazioni riguardo il tipo di divergenza (valori delle regole di convergenza e loro limiti, messaggio di divergenza e i corrispondenti elementi o nodi) sono mostrati in alto a sinistra nello schermo.





### Problemi di Convergenza

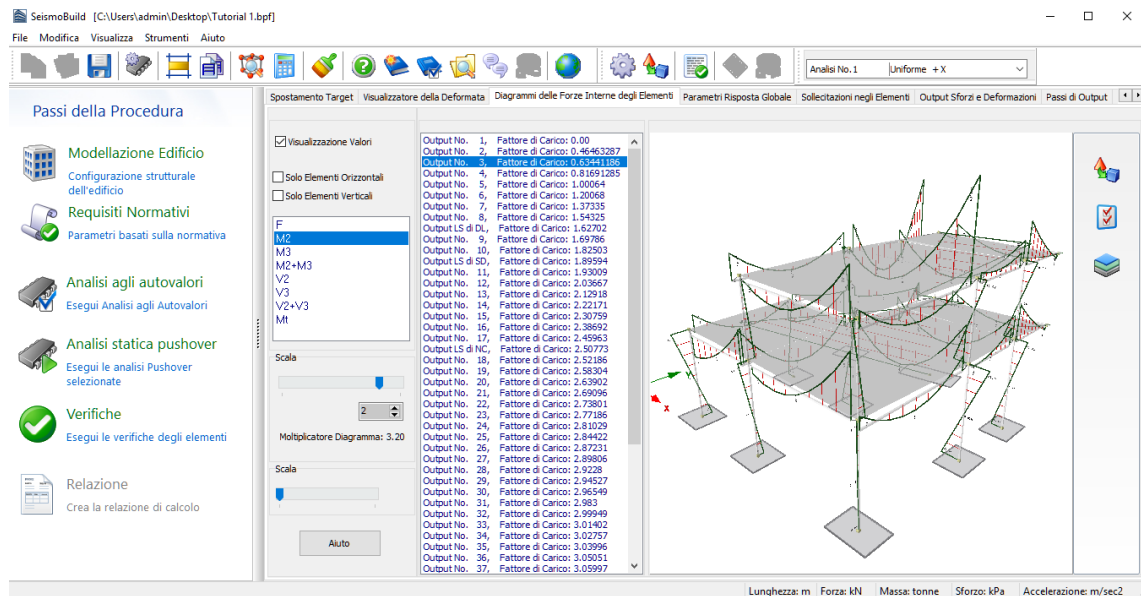
**NOTA:** Gli utenti possono attivare in **Impostazioni Avanzate > Criteri di Convergenza** l'opzione di mostrare i dettagli di convergenza nel Post-Processore al fine di visualizzare la tabella dei Problemi di Convergenza nel Post-Processore.

### Diagrammi delle Sollecitazioni

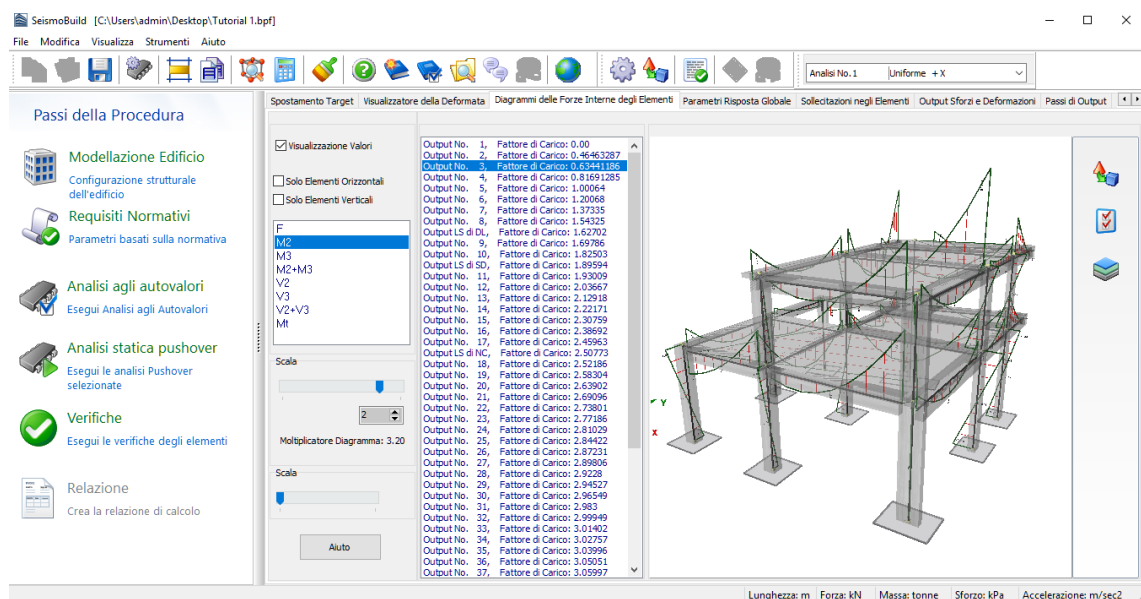
In questo modulo vengono forniti, in modalità 3D, i diagrammi delle forze interne (assiali e di taglio) e dei momenti (flessionali e torsionali). Come impostazione predefinita, i diagrammi per gli elementi orizzontali e quelli per gli elementi verticali vengono mostrati nello stesso grafico. Se gli utenti desiderano visualizzare i diagrammi separatamente (ossia, solo per gli elementi orizzontali o verticali),



devono pertanto selezionare la casella appropriata. Inoltre, è anche possibile scalare i diagrammi e lo spessore delle loro linee.

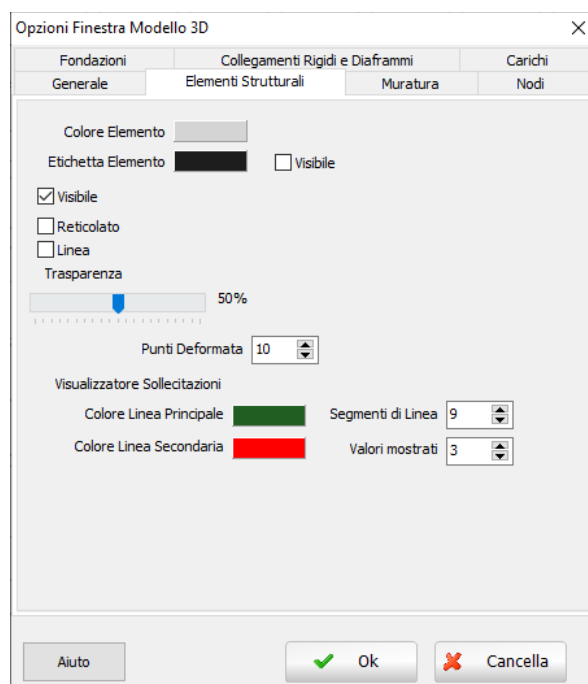


**Diagrammi delle Sollecitazioni (Elementi come Linee)**



**Diagrammi delle Sollecitazioni**

Gli utenti possono personalizzare l'aspetto dei diagrammi cambiando le impostazioni 'Elementi Strutturali' nel menu *Opzioni Immagine 3D* (ossia i colori della linea principale e di quella secondaria, il numero di righe e il numero di valori).



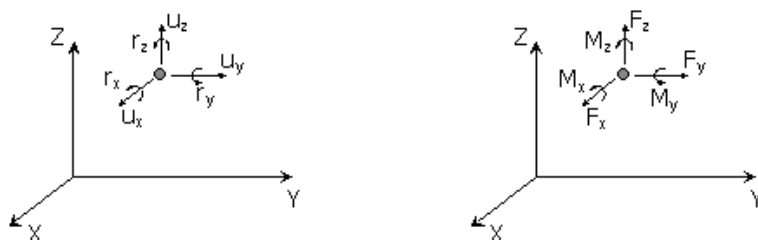
**Opzioni Immagine 3D - Elementi Strutturali**

## Parametri Risposta Globale

Per l'analisi pushover in questo modulo vengono forniti come output i risultati di quattro differenti parametri di risposta globale:

- Spostamenti Strutturali
- Forze e Momenti ai Supporti
- Curve Isteretiche
- Verifiche da Normativa

A parte l'ultimo, in tutti gli altri moduli i risultati sono definiti nel sistema di coordinate globale, come illustrato nella figura sottostante, dove si nota che le variabili rotazione/momento, definite rispetto ad un particolare asse, si riferiscono sempre alla rotazione/momento "intorno", e non "lungo" tale asse.

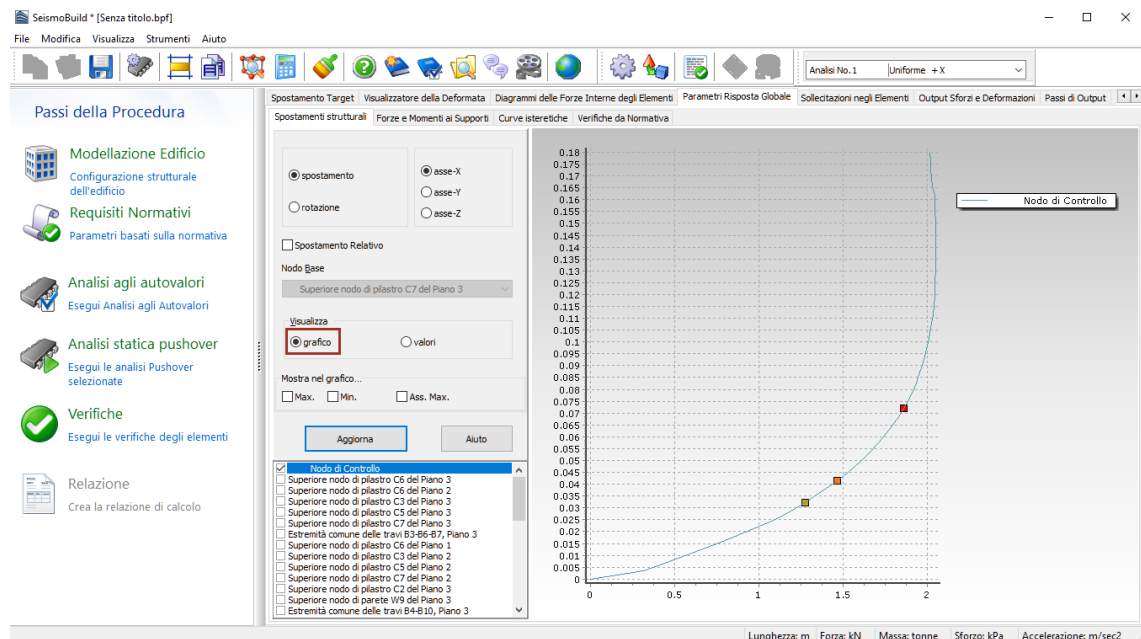


**NOTA:** Le reazioni agli appoggi dovrebbero essere, in linea di principio, uguali alle forze interne degli elementi di base che sono collegati ai nodi di fondazione. In altre parole, ci si aspetta normalmente che i valori ottenuti in *Forze e Momenti ai Supporti* siano identici a quelli forniti in *Sollecitazioni negli Elementi* per gli elementi connessi alle fondazioni. Tuttavia, esistono alcuni fattori che possono effettivamente portare a differenze tra questi due parametri di risposta, ad esempio il fatto che le sollecitazioni negli elementi sono riportate nel sistema di riferimento locale di ciascun elemento, mentre le reazioni alla base sono fornite nel sistema di coordinate globale. Quindi, nei casi in cui la struttura debba sostenere grandi spostamenti/rotazioni, si possono osservare differenze nei tagli degli elementi e nelle reazioni orizzontali alla base.

Tutti questi parametri sono descritti brevemente nel seguito:

### Spostamenti strutturali

L'utente può ottenere gli spostamenti per un qualsiasi numero di nodi, compreso il nodo di controllo, rispetto ad uno dei sei gradi di libertà globali disponibili. È anche possibile richiedere in output gli spostamenti relativi, così come la possibilità di mostrare nel grafico i valori massimo, minimo e massimo assoluto.

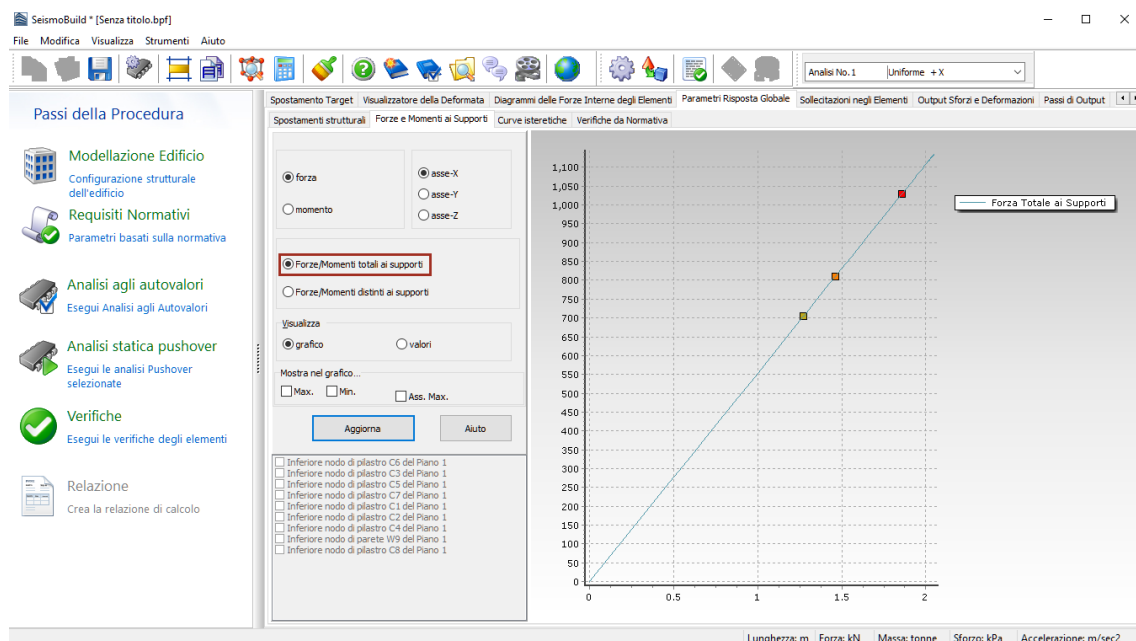


Parametri di Risposta Globale – Spostamenti strutturali

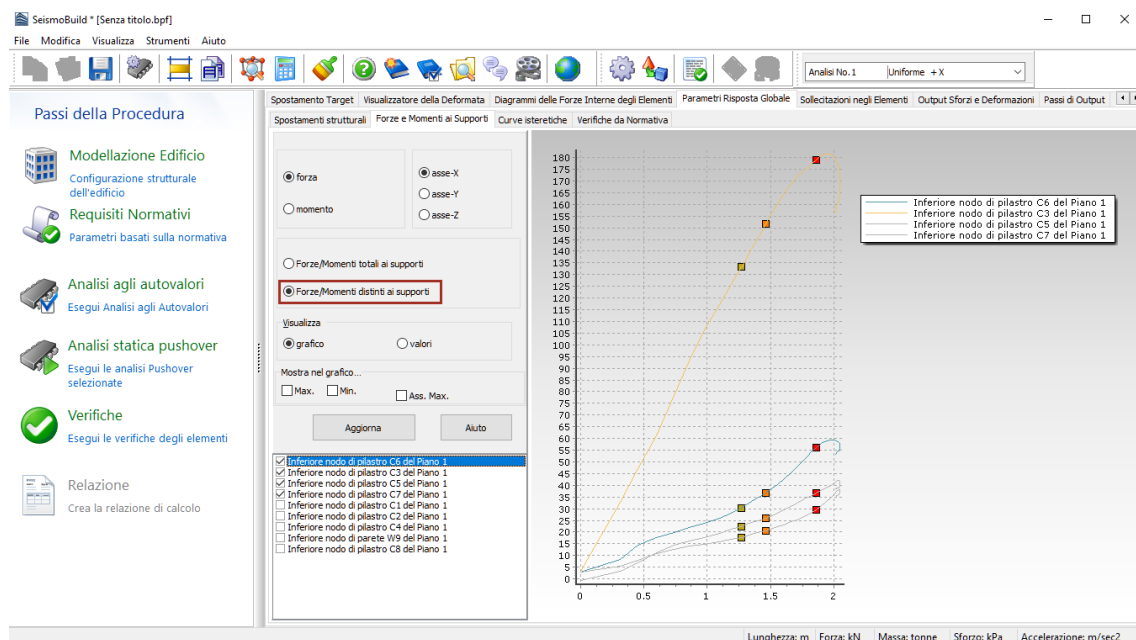
### Forze e Momenti ai Supporti

Allo stesso modo delle deformazioni strutturali, possono essere richiesti, per tutti i nodi vincolati, le forze e i momenti ai supporti in ogni direzione. La possibilità di fornire come output la forza/momento totale in una direzione specificata, piuttosto che i valori ai singoli appoggi, permette, ad esempio, il calcolo e la stampa dei valori del taglio totale alla base. Infine, sul grafico selezionato possono essere visualizzati i valori massimo, minimo e massimo assoluto.

**NOTA:** Evidentemente, la reazione del momento totale alla base non comprende gli effetti di ribaltamento, ma consiste semplicemente nella somma dei momenti ai vari appoggi della struttura.



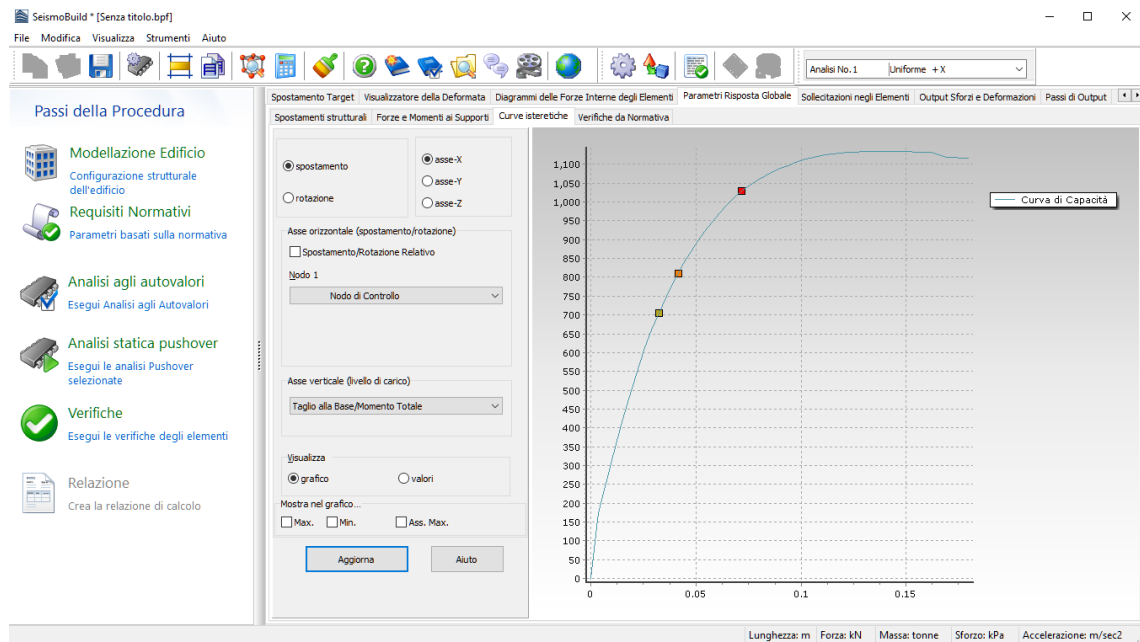
### Parametri di Risposta Globale – Forze e Momenti ai Supporti (totale)



### Parametri di Risposta Globale – Forze e Momenti ai Supporti (singoli appoggi)

#### Curve Isteretiche

L'utente può specificare un grado di libertà globale, traslazionale o rotazionale, da plottare in funzione del corrispondente taglio/momento totale alla base o fattore di carico (nell'analisi pushover). In analisi statica, tale grafico rappresenta la curva di capacità della struttura. Inoltre, è anche possibile visualizzare gli spostamenti relativi, così come la possibilità di mostrare nel grafico i valori massimo, minimo e massimo assoluto.



### Parametri di Risposta Globale – Curve Isteretiche

### Verifiche da Normativa

In questa sezione gli utenti possono effettuare le verifiche da normativa ad ogni passo dell'analisi. Innanzitutto è necessario selezionare, tramite menu a discesa, il nome della verifica che si intende svolgere e il passo dell'analisi, e premere sul pulsante **Aggiorna**. Per quanto riguarda le opzioni di visualizzazione, i risultati possono essere mostrati sia per tutti gli elementi che solamente per quegli elementi che hanno raggiunto il criterio selezionato.

The screenshot shows the 'Parametri di Risposta Globale - Verifiche da Normativa' window in SeismoBuild. The main area displays a table of verification results for various structural members. The table includes columns for 'Member', 'Estremo - Asse', 'Valore', 'Condizione', and 'Stato'. The interface includes a sidebar with 'Passi della Procedura' (Procedure Steps) and a top menu bar with options like 'File', 'Modifica', 'Visualizza', 'Strumenti', and 'Aiuto'.

Member	Estremo - Asse	Valore	Condizione	Stato
pilastro C1 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00477125	0.00741877	Non ancora raggiunto
pilastro C1 del Piano 1	Estremo - asse(2)	0.00159998	0.00652345	Non ancora raggiunto
pilastro C1 del Piano 1	Estremo - asse(3)	0.00164627	0.00567033	Non ancora raggiunto
pilastro C2 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.00083244	0.00708294	Non ancora raggiunto
pilastro C2 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00477156	0.00736399	Non ancora raggiunto
pilastro C2 del Piano 1	Estremo - asse(2)	0.00060652	0.00677525	Non ancora raggiunto
pilastro C2 del Piano 1	Estremo - asse(3)	0.00284762	0.00650932	Non ancora raggiunto
pilastro C3 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.00020075	0.03640705	Non ancora raggiunto
pilastro C3 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00479063	0.00603691	Non ancora raggiunto
pilastro C3 del Piano 1	Estremo - asse(2)	0.00014914	0.03640705	Non ancora raggiunto
pilastro C3 del Piano 1	Estremo - asse(3)	0.00168914	0.00550149	Non ancora raggiunto
pilastro C4 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.00380992	0.01102154	Non ancora raggiunto
pilastro C4 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00161345	0.00655664	Non ancora raggiunto
pilastro C4 del Piano 1	Estremo - asse(2)	0.00145183	0.00789346	Non ancora raggiunto
pilastro C4 del Piano 1	Estremo - asse(3)	0.00102216	0.00567867	Non ancora raggiunto
pilastro C5 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.0038108	0.0125049	Non ancora raggiunto
pilastro C5 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00084722	0.00783651	Non ancora raggiunto
pilastro C5 del Piano 1	Estremo - asse(2)	0.00058699	0.00943024	Non ancora raggiunto
pilastro C5 del Piano 1	Estremo - asse(3)	8.5663555E-005	0.00661723	Non ancora raggiunto
pilastro C6 del Piano 1	Inizio - asse(2)	0.00381043	0.01153187	Non ancora raggiunto
pilastro C6 del Piano 1	Inizio - asse(3)	0.00074356	0.00679147	Non ancora raggiunto

### Parametri di Risposta Globale – Verifiche da Normativa

## Sollecitazioni negli Elementi

Per la tipologia di elemento frame inelastico impiegato nel modello strutturale possono esserci tre differenti tipologie di risultati riguardanti le Sollecitazioni negli Elementi (suddivise in tre categorie), descritte in dettaglio qui di seguito.

**NOTA 1:** I gradi di libertà rotazionali definiti per un determinato asse si riferiscono sempre alle rotazioni "intorno", non "lungo" il medesimo asse. Questa è la convenzione che deve essere applicata nell'interpretazione di tutti i risultati in termini di rotazioni/momenti ottenuti in questo modulo.

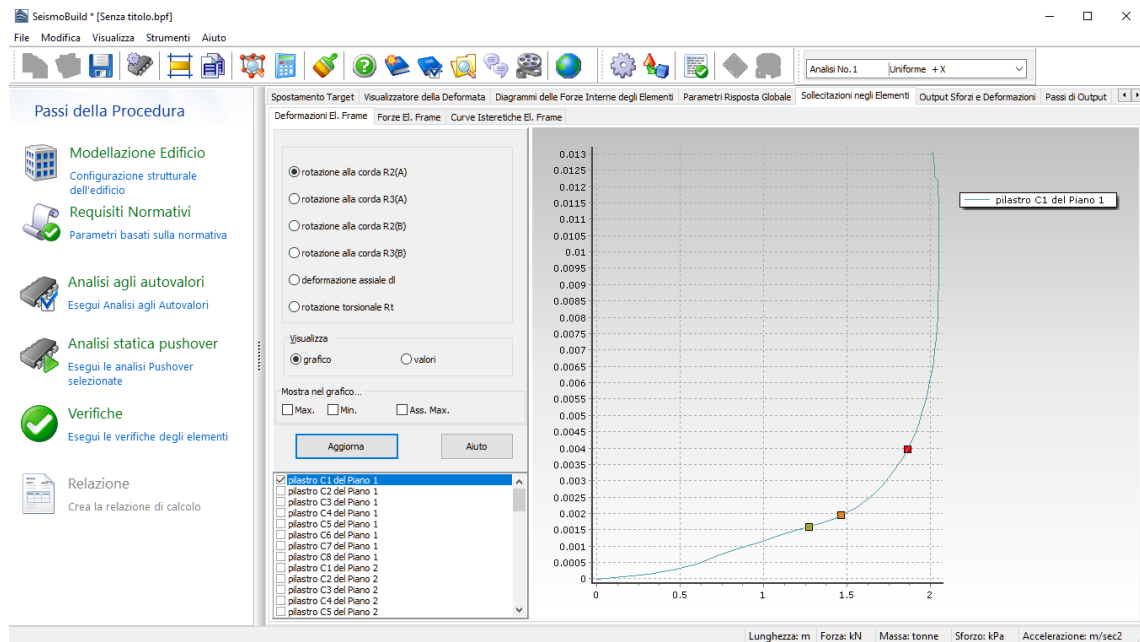
**NOTA 2:** Gli output delle rotazioni alla corda degli elementi in questo modulo coincidono con le rotazioni alla corda degli elementi strutturali, permettendo l'impiego diretto delle rotazioni alla corda nelle verifiche sismiche da normativa (si faccia riferimento ad es. all'Eurocodice 8, alle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC-18, alla Normativa Greca sugli Interventi Antisismici KANEPE, ecc.).

**NOTA 3:** In presenza di grandi spostamenti, le forze di taglio negli elementi alla base potrebbero essere diverse dalle corrispondenti forze vincolari, dal momento che le prime sono definite nel sistema di assi locali dell'elemento (fortemente ruotato), mentre le seconde sono definite con riferimento al sistema fisso di riferimento globale.

**NOTA 4:** SeismoBuild non fornisce automaticamente l'output dei valori di energia dissipata. Ad ogni modo, gli utenti dovrebbero essere in grado di ottenere facilmente queste quantità tramite il prodotto/integrale della risposta forza-spostamento.

## Elementi frame – Deformazioni

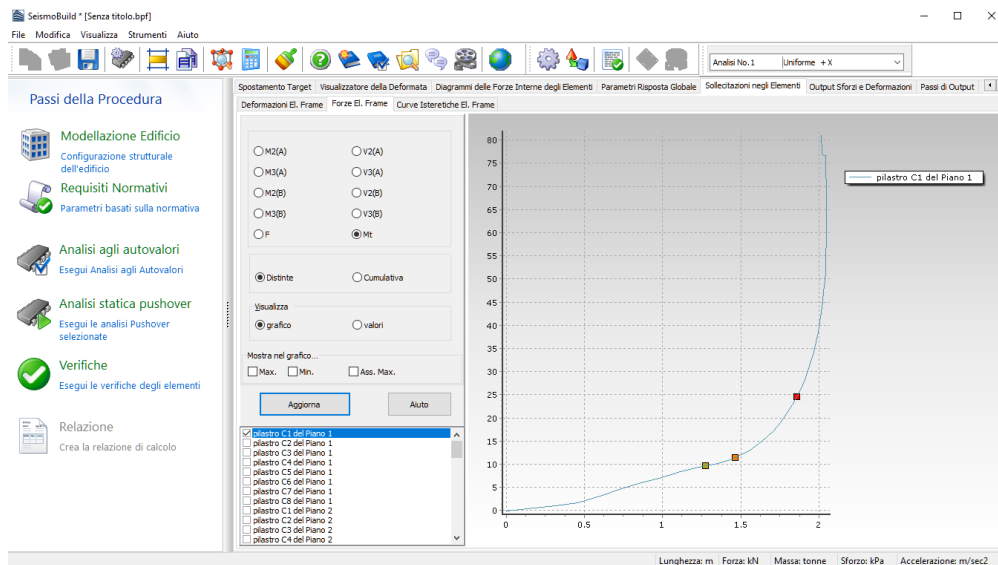
In questo modulo vengono fornite le deformazioni subite dagli elementi frame inelastici (infrm, infrmPH), calcolate nel loro sistema di riferimento locale co-rotazionale. I valori si riferiscono alle rotazioni alla corda ai nodi di estremità di ogni elemento (denominati A e B, come indicato nell'Appendice B), alla deformazione assiale e alla rotazione torsionale. Infine, sul grafico selezionato possono essere visualizzati i valori massimo, minimo e massimo assoluto.



Sollecitazioni negli elementi - Deformazioni elementi frame

### Elementi frame – Forze

In questo modulo vengono fornite le forze interne sviluppate dagli elementi frame inelastici (infrm, infrmPH), calcolate nel loro sistema di riferimento locale co-rotazionale. I valori si riferiscono alle forze interne (assiali e di taglio) e ai momenti (flessionali e torsionali) sviluppati ai nodi di estremità di ogni elemento, denominati A e B (si veda *Appendice B > Nonlinearità geometrica*). La possibilità di ottenere i risultati di ciascun elemento in modo cumulativo, piuttosto che differenziato, può essere molto utile quando un utente è interessato a "sommare" la risposta di un certo numero di elementi (ad esempio, per ottenere il taglio ad un certo piano, dato dalla somma delle forze di taglio interne degli elementi a quel medesimo livello). Infine, sul grafico selezionato possono essere visualizzati i valori massimo, minimo e massimo assoluto.



Sollecitazioni negli elementi - Forze elementi frame

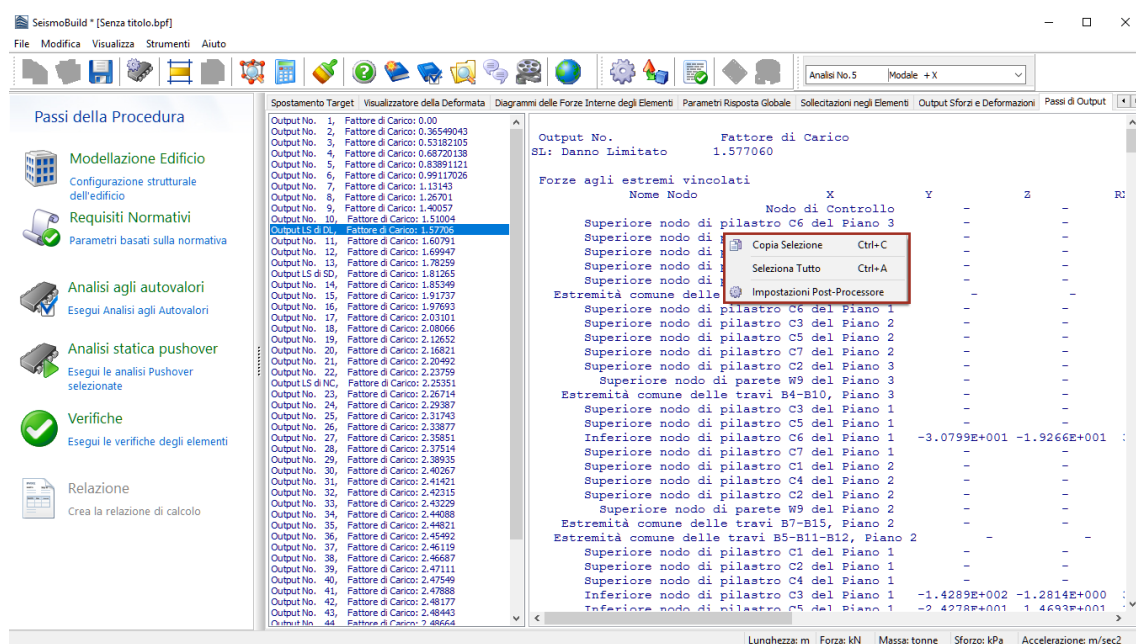


## Elementi frame – Curve isteretiche


In questo modulo sono fornite le curve isteretiche delle deformazioni vs. le forze interne sviluppate dagli elementi frame inelastici (infrm, infrmPH), calcolate nel loro sistema di riferimento locale co-rotazionale. Sul grafico selezionato possono essere visualizzati i valori massimo, minimo e massimo assoluto.

## Passi di Output

Questo modulo di post-elaborazione fornisce, in file di output di tipo testuale, tutti i risultati analitici (spostamenti/rotazioni nodali, forze/momenti ai supporti e all'interno degli elementi, sforzi e deformazioni degli elementi) ottenuti da SeismoBuild per qualsiasi passo dell'analisi più i risultati analitici per lo/gli stato/i limite selezionato/i. L'intero output dei passi, o parti selezionate di esso, può essere copiato in editor di testo per ulteriori manipolazioni, utilizzando i corrispondenti comandi da menu, le scorciatoie da tastiera, i pulsanti della barra degli strumenti oppure dal menu popup ottenuto col tasto destro del mouse.



### Passi di Output

Piuttosto che copiare e incollare il contenuto di questo modulo in applicazioni esterne, gli utenti possono anche scegliere di utilizzare semplicemente la funzione *Esporta in File di Testo*, che offre anche la possibilità di scegliere i passi di output, iniziale e finale, di interesse, oltre che l'incremento del passo. Questa utile funzione è disponibile dalla barra degli strumenti, premendo il pulsante .

Infine, come osservato in *Impostazioni Avanzate > Generale*, gli utenti possono anche attivare l'opzione di creare, alla fine di ogni analisi, un file di testo (\*.out) contenente l'output dell'intera analisi (come indicato in questo modulo). Questa funzione può risultare utile per quegli utenti che desiderino, in modo sistematico, piuttosto che occasionalmente, post-processare i risultati utilizzando settaggi personalizzati.

## Registri di Analisi

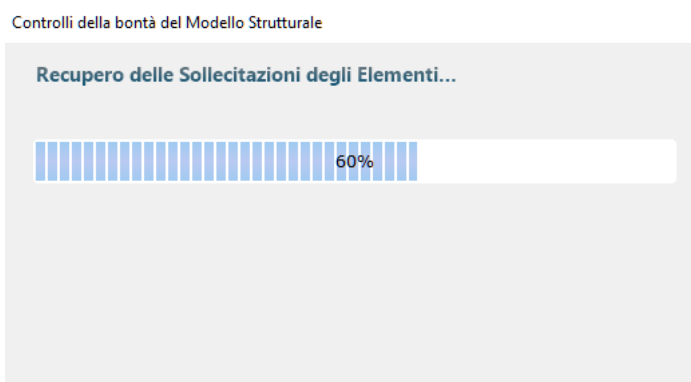
Come già discusso in precedenza, durante una qualsiasi analisi, viene creato un registro del suo progresso numerico e della risposta prestazionale del modello, che viene salvato nel file di registro del progetto (\*.log). I contenuti di tale file possono essere visualizzati nel modulo **Registri di Analisi** e, se necessario, copiati e incollati in qualsiasi altra applicazione di Windows.



Si segnala inoltre che, poiché la data e l'ora dell'ultima analisi vengono salvate all'interno del file di registro, gli utenti possono fare riferimento a questo modulo quando è necessario questo tipo di informazione.

# Verifiche

I risultati delle **verifiche secondo Normativa** sono accessibili dal corrispondente modulo nella Finestra Principale del programma. Una volta premuto sul pulsante *Verifiche*, apparirà sullo schermo una finestra informativa con una barra di avanzamento che fornisce una percentuale indicativa del punto di avanzamento del processo di verifica del modello strutturale.



## Finestra informativa sullo stato di avanzamento delle verifiche del modello strutturale

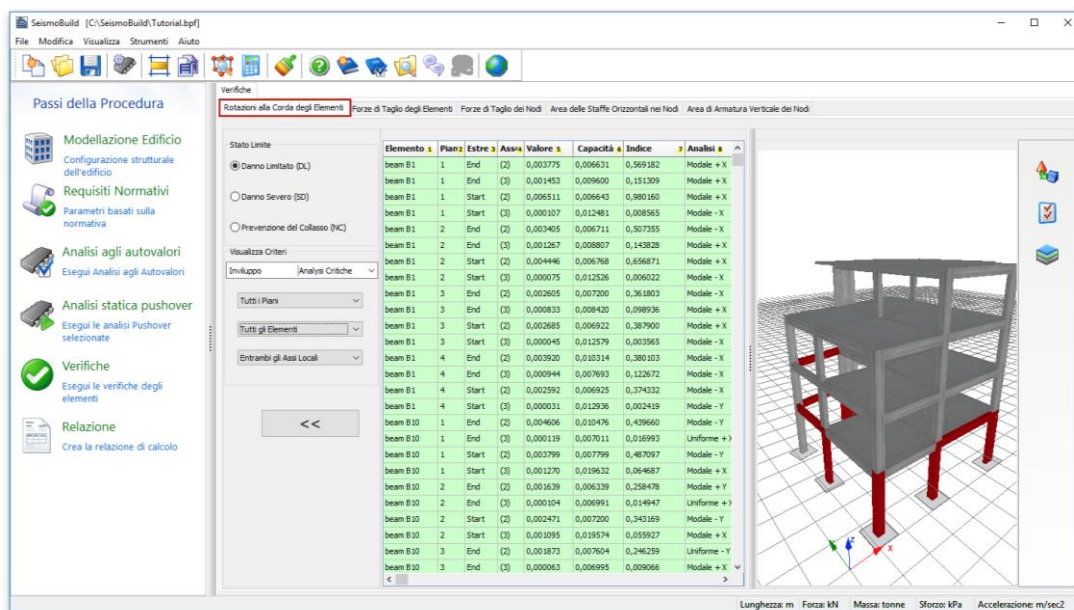
Il modulo **Verifiche** è caratterizzato da una serie di schede nelle quali è possibile visualizzare, in formato tabellare o nella vista 3D, i risultati derivati da differenti tipologie di verifiche; questi possono poi essere copiati in una qualsiasi applicazione di Windows (i risultati sotto forma di tabella possono essere copiati, ad esempio, in fogli di calcolo come quelli di Microsoft Excel, mentre i grafici possono essere copiati in editor di testo come Microsoft Word). Nel seguito vengono mostrate le verifiche già selezionate nella sezione Verifiche del modulo Requisiti Normativi.

Le schede disponibili per tutte le Normative implementate nel programma sono elencate nel seguito e verranno descritte nei successivi paragrafi:

- Rotazioni alla Corda degli Elementi
- Momenti Flettenti degli Elementi
- Forze di Taglio degli Elementi
- Deformazione degli Elementi (solo TBDY)
- Deformazione a Trazione degli Elementi
- Deformazione a Compressione degli Elementi
- Forza di Trazione negli Elementi
- Forza di Compressione negli Elementi
- Forze di Taglio dei Nodi (Eurocodici, ASCE 41-23 & TBDY)
- Area delle Staffe Orizzontali nei Nodi (Solo Eurocodici)
- Area di Armatura Verticale dei Nodi (solo Eurocodici)
- Duttilità dei Nodi
- Trazione Diagonale nei Nodi (NTC & KANEPE)
- Compressione Diagonale nei Nodi (NTC & KANEPE)
- **Error! Reference source not found.** (ASCE 41-23 & NTC)
- Rapporti tra PGA (solo NTC)
- Classificazione del Rischio Sismico (solo NTC)

Si noti che nell'analisi pushover le verifiche vengono eseguite al passo specifico dell'analisi che corrisponde allo spostamento target per lo Stato limite selezionato. Al contrario, nell'analisi dinamica i





### Scheda delle verifiche di Rotazione alla Corda degli Elementi

È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'. Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Elemento*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

Verifiche elemento per pilastro C1 del Piano 1

Rotazione alla Corda Resistenza a Taglio

Stato Limite

☒ Danno Limitato (DL) ☐ Danno Severo (SD) ☐ Prevenzione del Collasso (NC)

Analisi	Estremo	Asse Locale	Valore	Capacità	Indice
Involuppo	Start	(2)	0.005353	0.006203	0.862905
Involuppo	Start	(3)	0.007425	0.006068	1.223689
Involuppo	End	(2)	0.004108	0.005933	0.692407
Involuppo	End	(3)	0.006374	0.006085	1.047485
Uniforme + X	Start	(2)	0.001359	0.005855	0.232060
Uniforme + X	Start	(3)	0.004053	0.006611	0.613112
Uniforme + X	End	(2)	0.001591	0.006014	0.264448
Uniforme + X	End	(3)	0.001728	0.005315	0.325153
Uniforme - X	Start	(2)	0.001804	0.007063	0.255361
Uniforme - X	Start	(3)	0.004948	0.006141	0.805690
Uniforme - X	End	(2)	0.000431	0.005178	0.083253
Uniforme - X	End	(3)	0.004064	0.005977	0.679920
Uniforme + Y	Start	(2)	0.005534	0.006736	0.821567
Uniforme + Y	Start	(3)	0.000390	0.006154	0.063417

### Modulo Verifiche Elemento

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche di rotazione alla corda degli elementi e le equazioni impiegate in SeismoBuild sono disponibili nella sezione *Capacità Deformativa* della rispettiva appendice.

## MOMENTI FLETTENTI DEGLI ELEMENTI

Qui vengono esportati i risultati delle verifiche dei momenti flettenti per travi, pilastri e pareti, secondo la Normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o Obiettivo di Performance, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono la determinazione dell'analisi, il

piano, la tipologia degli elementi e l'asse locale. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati limite in *Requisiti Normativi*. Inoltre, nel menu a tendina per la selezione dell'analisi oltre alle analisi eseguite, è presente un'opzione denominata *Analisi Critica*, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità di momento flettente sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nel formato vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti di prestazione degli elementi o l'analisi critica di ciascun elemento sull'immagine 3D, oppure di visualizzare gli elementi con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto di prestazione per lo stato limite selezionato.

**Verifiche**

**Passi della Procedura**

- Modellazione Edificio
  - Configurazione Strutturale dell'Edificio
- Requisiti Normativi
  - Visualizza Critici
  - Parametri basati sulla normativa
- Analisi agli Autovalori
  - Esegui Analisi agli Autovalori
- Analisi lineare
  - Esegui le analisi statiche lineari
- Verifiche
  - Esegui le verifiche degli elementi
- Resoconto
  - Crea la relazione di calcolo

**Moment Flettenti degli Elementi**

Elemento	Piano	Estremità	Asse	Domanda	Capacità	Indice	Combinazione
colonna C12	1	Inz	(S)	329,195321	332,016243	0,991504	Triangolare +
colonna C10	1	Inz	(S)	301,857553	338,469352	0,889793	Triangolare +
colonna C16	1	Inz	(S)	292,401460	332,016243	0,880522	Triangolare +
colonna C15	1	Inz	(S)	284,769882	436,968103	0,651892	Triangolare +
colonna C11	1	Inz	(S)	273,170040	423,055059	0,645768	Triangolare +
colonna C13	1	Inz	(S)	242,552928	383,996581	0,631654	Triangolare +
colonna C12	2	Est	(S)	204,121636	338,302558	0,603578	Triangolare +
colonna C14	1	Inz	(S)	202,307795	381,359580	0,530919	Triangolare +
colonna C16	2	Est	(S)	197,021461	234,178887	0,58814	Triangolare +
colonna C16	2	Inz	(S)	186,467512	334,178887	0,558047	Triangolare +
colonna C10	3	Est	(S)	186,052244	344,02026	0,539388	Triangolare +
colonna C12	2	Inz	(S)	176,918346	338,302558	0,529027	Triangolare +
colonna C15	2	Est	(S)	176,262215	297,302556	0,447505	Triangolare +
colonna C15	2	Inz	(S)	166,020910	397,302556	0,417140	Triangolare +
colonna C10	2	Est	(S)	161,054177	345,818246	0,463718	Triangolare +
colonna C12	1	Est	(S)	158,179260	332,016243	0,476300	Triangolare +
colonna C10	2	Inz	(S)	156,178732	345,818246	0,452776	Triangolare +
colonna C10	1	Est	(S)	150,957267	338,469352	0,446449	Triangolare +
trave B25	1	Est	(S)	137,941554	112,946814	1,218148	Triangolare +
colonna C15	2	Est	(S)	134,512779	357,996021	0,375744	Triangolare +
colonna C16	1	Est	(S)	134,462825	332,016243	0,404689	Triangolare +
trave B25	1	Inz	(S)	133,430243	60,380171	2,217750	Triangolare +
colonna C13	2	Inz	(S)	129,639635	357,996021	0,362132	Triangolare +
colonna C10	3	Inz	(S)	128,837744	344,02026	0,364281	Triangolare +
trave B25	2	Est	(S)	121,088542	112,946814	1,074343	Triangolare +
colonna C15	1	Est	(S)	120,052224	436,968103	0,274602	Triangolare +
trave B25	2	Inz	(S)	117,301108	99,808879	1,961528	Triangolare +
colonna C11	2	Est	(S)	116,961402	388,078755	0,292811	Triangolare +
colonna C13	1	Est	(S)	113,724210	263,996581	0,296139	Triangolare +
trave B2	1	Inz	(S)	107,511273	111,246814	0,966475	Triangolare +
trave B16	1	Inz	(S)	107,467574	57,472387	1,863761	Triangolare +
trave B1	1	Est	(S)	106,923068	58,224659	1,830066	Triangolare +
colonna C12	3	Est	(S)	105,278867	342,042112	0,307794	Triangolare +
trave B2	2	Inz	(S)	103,472110	111,246814	0,930185	Triangolare +
colonna C16	3	Est	(S)	101,077951	336,01946	0,302892	Triangolare +
colonna C13	3	Inz	(S)	101,322807	346,382401	0,292517	Triangolare +
trave B3	1	Inz	(S)	100,046365	176,817830	0,566457	Triangolare +

Lunghezza: m    Forza: kN    Massa: tonne    Sforzo: kPa    Accelerazione: m/sec<sup>2</sup>

### Scheda delle verifiche di Momenti di Piegamento Degli Elementi

È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'. Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Elemento*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

Verifiche elemento per trave B24 del piano 2

Momento flettente Resistenza a Taglio

Stati Limite

☐ Danno Limitato (DL) ☐ Danno Severo (SD) ☒ Prevenzione del Collasso (NC)

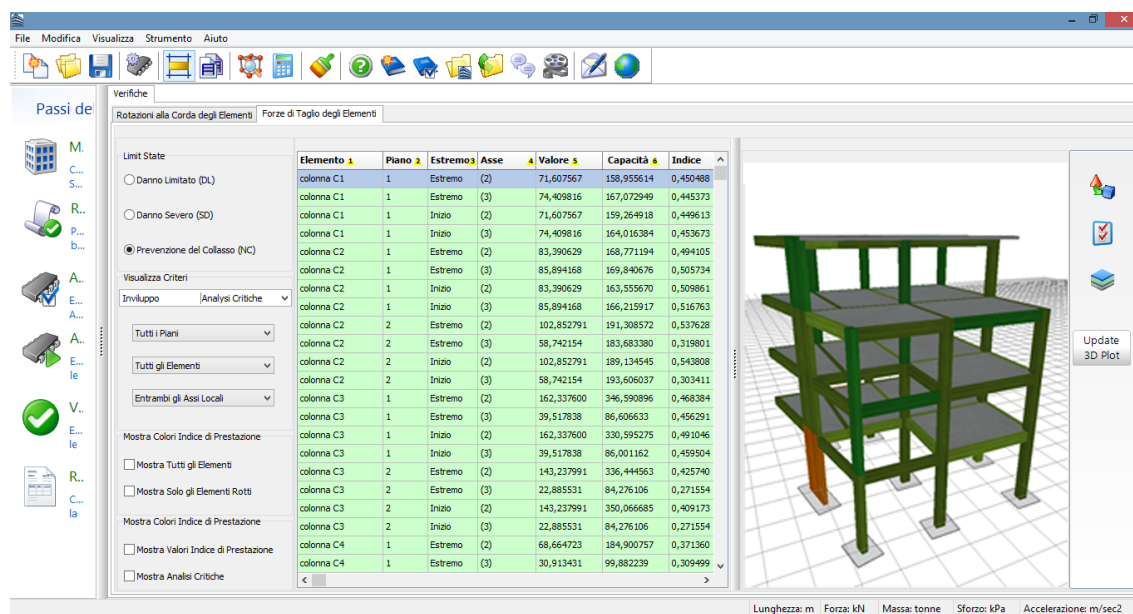
Analisi	Estremo	Asse Locale	Valore	Capacità	Indice
Inviluppo	Iniz	(2)	85,637960	65,007914	1,317347
Inviluppo	Iniz	(3)	16,325922	26,572542	0,614391
Inviluppo	Estr	(2)	93,456743	117,397471	0,796071
Inviluppo	Estr	(3)	14,782807	26,572542	0,556319
Triangolare - X - eccY	Iniz	(2)	0,121757	59,713375	0,002039
Triangolare - X - eccY	Iniz	(3)	1,588389	25,084333	0,063322
Triangolare - X - eccY	Estr	(2)	6,112576	112,442419	0,054362
Triangolare - X - eccY	Estr	(3)	1,899760	25,084333	0,075735
Triangolare + Y +	Iniz	(2)	85,637960	65,007914	1,317347
Triangolare + Y +	Iniz	(3)	16,325922	26,572542	0,614391
Triangolare + Y +	Estr	(2)	93,456743	117,397471	0,796071
Triangolare + Y +	Estr	(3)	14,782807	26,572542	0,556319
Triangolare + Y - eccX	Iniz	(2)	74,371161	64,177115	1,158842

### Modulo Verifiche Elemento

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche dei momenti flettenti degli elementi e le equazioni impiegate in SeismoBuild sono disponibili nella sezione *Capacità Deformativa* della rispettiva appendice.

## FORZE DI TAGLIO DEGLI ELEMENTI

In questa scheda sono rappresentati i risultati delle verifiche di resistenza a taglio per travi, pilastri e pareti, in accordo con la normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, od Obiettivo Prestazionale, visualizzare i risultati; possono inoltre applicare dei filtri di visualizzazione, come l'analisi, il piano, la tipologia di elementi e l'asse locale. Gli stati limite disponibili sono quelli che sono stati precedentemente selezionati nella sezione *Stati Limite* del modulo *Requisiti Normativi*. Inoltre, nel menu a discesa per la selezione dell'analisi, in aggiunta alle analisi eseguite, è disponibile anche un'opzione chiamata *Analisi Critica*, che corrisponde all'inviluppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno raggiunto la loro resistenza a taglio sono evidenziati in rosso, sia nelle tabelle che nella vista 3D, nella quale sono disponibili varie opzioni di visualizzazione. Per esempio, gli utenti possono selezionare di mostrare gli indici di prestazione degli elementi o l'analisi critica nell'immagine 3D per ciascun elemento, o visualizzare gli elementi con differenti colori, in base al valore dell'indice di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Scheda delle verifiche di Resistenza a Taglio degli Elementi

È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'. Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Elemento*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

Verifiche elemento per colonna C6 del piano 1

Rotazione alla Corda Resistenza a Taglio

Stati Limite

☐ Danno Limitato (DL) ☐ Danno Severo (SD) ☒ Prevenzione del Collasso (NC)

Analisi	Estremo	Asse Locale	Valore	Capacità	Indice
Involuppo	Inizio	(2)	102,456535	203,286419	0,504001
Involuppo	Inizio	(3)	43,120522	107,338871	0,401723
Involuppo	Estremo	(2)	102,456535	207,110704	0,494695
Involuppo	Estremo	(3)	43,120522	107,338871	0,401723
Uniforme + X	Inizio	(2)	8,522541	194,237885	0,043877
Uniforme + X	Inizio	(3)	40,799420	108,754895	0,375150
Uniforme + X	Estremo	(2)	8,522541	190,988424	0,044623
Uniforme + X	Estremo	(3)	40,799420	108,754895	0,375150
Uniforme - X	Inizio	(2)	20,376958	191,303220	0,106517
Uniforme - X	Inizio	(3)	27,335281	103,189389	0,264904
Uniforme - X	Estremo	(2)	20,376958	196,686247	0,103601
Uniforme - X	Estremo	(3)	27,335281	111,720965	0,244675
Uniforme + Y	Inizio	(2)	85,228106	184,780012	0,461241
Uniforme + Y	Inizio	(3)	0,988593	98,013766	0,010086
Uniforme + Y	Estremo	(2)	85,228106	187,912272	0,453553
Uniforme + Y	Estremo	(3)	0,988593	98,013766	0,010086
Uniforme - Y	Inizio	(2)	101,695240	203,289126	0,500249
Uniforme - Y	Inizio	(3)	2,790154	98,003580	0,028470
Uniforme - Y	Estremo	(2)	101,695240	206,784673	0,491793
Uniforme - Y	Estremo	(3)	2,790154	98,003580	0,028470
Modale + X	Inizio	(2)	31,282397	194,349918	0,160959

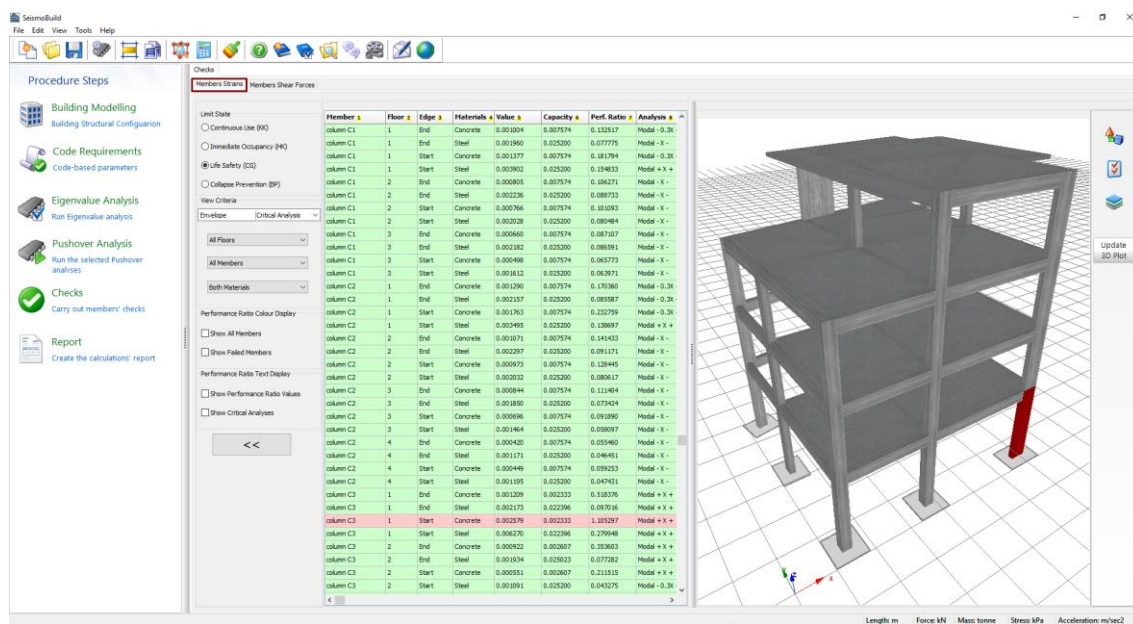
### Modulo Verifiche Elemento

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche delle forze di taglio degli elementi e le equazioni impiegate in SeismoBuild sono disponibili nella sezione *Resistenza a taglio* della rispettiva appendice.



## DEFORMAZIONE ELEMENTI (SOLO TBDY)

I risultati delle verifiche di capacità di deformazione per travi, pilastri e pareti possono essere visualizzati in questo modulo (questa verifica può essere applicata solo per la Normativa TBDY). Gli utenti possono selezionare per quale Obiettivo di Prestazione o Stato Limite visualizzare i risultati e selezionare i filtri, che comprendono la determinazione dell'analisi, dei piani, del tipo di elementi e degli assi locali. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo *Stati Limite nei Requisiti da Normativa*. In aggiunta, nel menu a discesa per la selezione delle analisi, accanto alle analisi eseguite, vi è una opzione chiamata Analisi Critica, che rappresenta l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno raggiunto la loro resistenza a taglio sono evidenziati in rosso, sia nelle tabelle che nella vista 3D, nella quale sono disponibili varie opzioni di visualizzazione. Per esempio, gli utenti possono selezionare di mostrare gli indici di prestazione degli elementi o l'analisi critica nell'immagine 3D per ciascun elemento, o visualizzare gli elementi con differenti colori, in base al valore dell'indice di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Modulo Deformazione Elementi

È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'. Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Elemento*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.



Member checks for column C3 of floor 1

Members Strains Shear Capacity

Limit State  
☐ Continuous Use (CK) ☐ Immediate Occupancy (IK) ☒ Life Safety (CG) ☐ Collapse Prevention (BP)

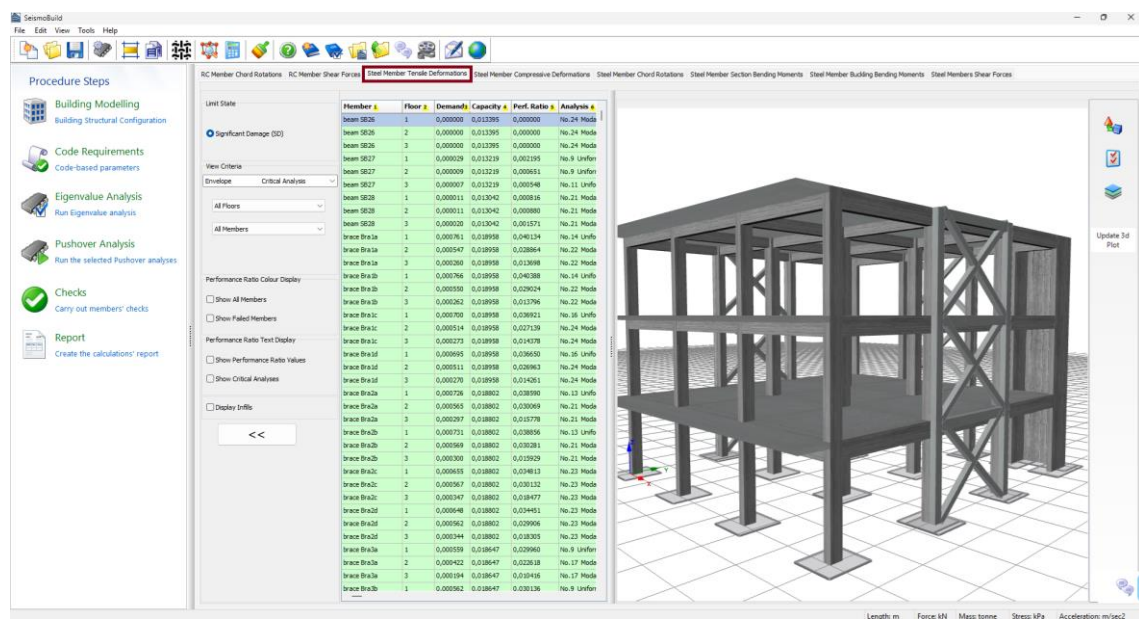
Analysis	Edge	Material	Value	Capacity	Perf. Ratio
Envelope	Start	Concrete	0.002579	0.002333	1.105297
Envelope	Start	Steel	0.006270	0.022396	0.279948
Envelope	End	Concrete	0.001209	0.002333	0.518376
Envelope	End	Steel	0.002173	0.022396	0.097016
Modal + X + 0.3Y	Start	Concrete	0.002579	0.002333	1.105297
Modal + X + 0.3Y	Start	Steel	0.006270	0.022396	0.279948
Modal + X + 0.3Y	End	Concrete	0.001209	0.002333	0.518376
Modal + X + 0.3Y	End	Steel	0.002173	0.022396	0.097016
Modal - X - 0.3Y	Start	Concrete	0.001991	0.002625	0.758299
Modal - X - 0.3Y	Start	Steel	0.006298	0.025200	0.249939
Modal - X - 0.3Y	End	Concrete	0.000717	0.002625	0.272999
Modal - X - 0.3Y	End	Steel	0.001514	0.025200	0.060061
Modal + 0.3X + Y	Start	Concrete	0.001327	0.002625	0.505500
Modal + 0.3X + Y	Start	Steel	0.002810	0.025200	0.111511
Modal + 0.3X + Y	End	Concrete	0.000775	0.002625	0.295178
Modal + 0.3X + Y	End	Steel	0.001570	0.025200	0.062287
Modal - 0.3X - Y	Start	Concrete	0.001545	0.002625	0.588584
Modal - 0.3X - Y	Start	Steel	0.002933	0.025200	0.116402
Modal - 0.3X - Y	End	Concrete	0.000775	0.002625	0.295257
Modal - 0.3X - Y	End	Steel	0.001651	0.025200	0.065512

### Modulo Verifiche Elementi

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche di deformazione degli elementi e sulle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione Deformazione Elementi dell'Appendice A.5 - TBDY.

## DEFORMAZIONI A TRAZIONE DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO

I risultati della verifica delle deformazioni a trazione degli elementi in acciaio, secondo la normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o obiettivo di performance, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono la determinazione dell'analisi e il piano. Gli Stati Limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti Normativi. Inoltre, nel menù a tendina per la selezione delle analisi oltre alle analisi eseguite è presente un'opzione denominata Analisi Critica, che è l'inviluppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità di deformazione a trazione sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nella vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti di prestazione degli elementi o l'Analisi Critica di ciascun elemento sul grafico 3D, oppure di visualizzare gli elementi con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Modulo Deformazioni a Trazione degli Elementi in Acciaio

E' possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite l'apposito pulsante per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un elemento e selezionando Visualizza tutte le verifiche degli Elementi, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

Member checks for brace Bra2b of floor 1				
Steel Member Tensile Deformations Steel Member Compressive Deformations Steel Member Section Bending Moments Steel Member Buckling Bending Moments Steel Members Shear Forces				
Limit State				
Significant Damage (SD)				
Analysis	Value	Capacity	Perf. Ratio	
Envelope	0,000731	0,018802	0,038856	
No.9 Uniform + X +	0,000252	0,018802	0,013418	
No.10 Uniform + X -	0,000333	0,018802	0,017713	
No.11 Uniform - X +	0,000000	0,018802	0,000000	
No.12 Uniform - X -	0,000000	0,018802	0,000000	
No.13 Uniform + Y +	0,000731	0,018802	0,038856	
No.14 Uniform + Y -	0,000601	0,018802	0,031945	
No.15 Uniform - Y +	0,000000	0,018802	0,000000	
No.16 Uniform - Y -	0,000000	0,018802	0,000000	
No.17 Modal + X +	0,000318	0,018802	0,016922	
No.18 Modal + X -	0,000401	0,018802	0,021320	
No.19 Modal - X +	0,000000	0,018802	0,000000	
No.20 Modal - X -	0,000000	0,018802	0,000000	
No.21 Modal + Y +	0,000696	0,018802	0,037021	

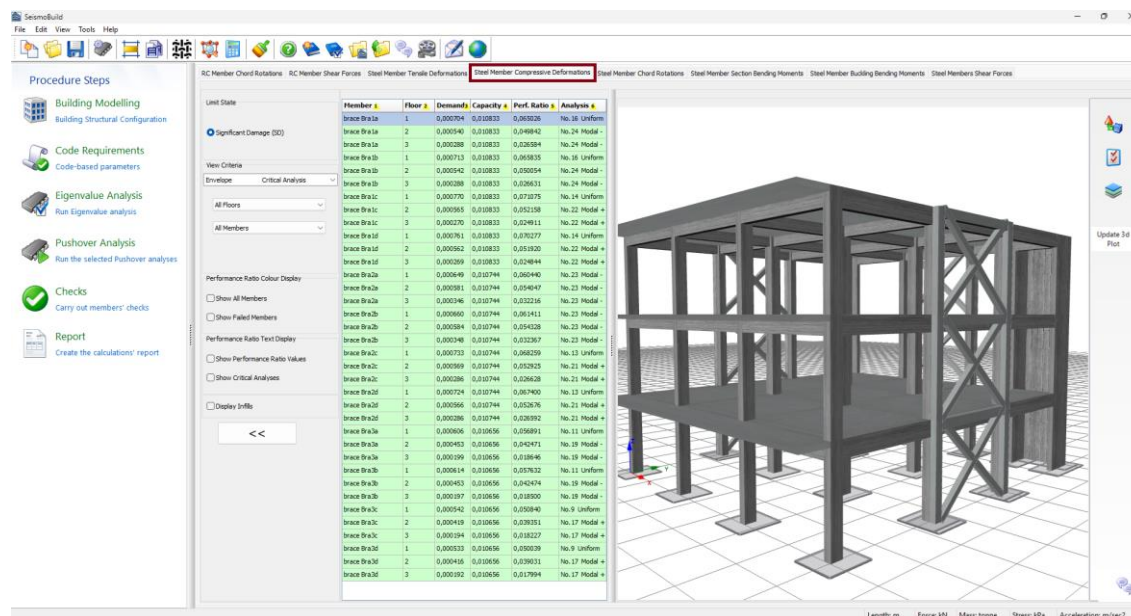
### Modulo per le Verifiche sugli Elementi

Una descrizione più dettagliata delle verifiche delle deformazioni a trazione degli elementi e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione relativa alle Deformazioni Assiali degli Elementi di Controvento in Acciaio del rispettivo appendice.

## DEFORMAZIONE A COMPRESSIONE DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO

I risultati della verifica delle deformazioni a compressione degli elementi in acciaio, in base alla normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato limite, o obiettivo di Performance, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono la determinazione dell'analisi e il piano. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti normativi. Inoltre, nel menù a tendina per la selezione delle analisi oltre alle analisi eseguite è presente un'opzione denominata Analisi Critica, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità di Deformazione a Compressione sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabella che nella

vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti di prestazione degli elementi o l'analisi critica di ciascun elemento sul grafico 3D, oppure di visualizzare gli elementi con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto di prestazione per lo Stato Limite selezionato.



### Modulo Deformazioni a Compressione degli Elementi in Acciaio

E' possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite l'apposito pulsante per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un elemento e selezionando Visualizza tutte le verifiche dei membri, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

Member checks for brace Bra2b of floor 1

Steel Member Tensile Deformations Steel Member Compressive Deformations Steel Member Section Bending Moments Steel Member Buckling Bending Moments Steel Members Shear Forces

Limit State

Significant Damage (SD)

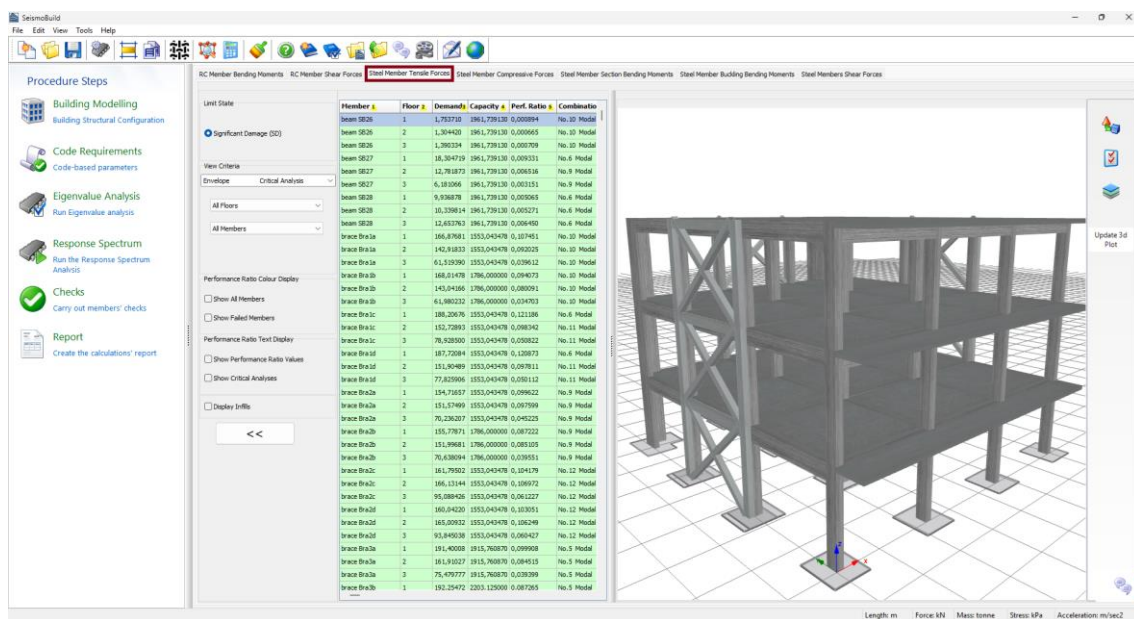
Analysis	Value	Capacity	Perf. Ratio
Envelope	0,000660	0,010744	0,061411
No.9 Uniform + X +	0,000000	0,010744	0,000000
No.10 Uniform + X -	0,000000	0,010744	0,000000
No.11 Uniform - X +	0,000319	0,010744	0,029696
No.12 Uniform - X -	0,000397	0,010744	0,036912
No.13 Uniform + Y +	0,000000	0,010744	0,000000
No.14 Uniform + Y -	0,000000	0,010744	0,000000
No.15 Uniform - Y +	0,000650	0,010744	0,060514
No.16 Uniform - Y -	0,000573	0,010744	0,053306
No.17 Modal + X +	0,000000	0,010744	0,000000
No.18 Modal + X -	0,000000	0,010744	0,000000
No.19 Modal - X +	0,000360	0,010744	0,033531
No.20 Modal - X -	0,000433	0,010744	0,040317
No.21 Modal + Y +	0,000000	0,010744	0,000000

### Modulo per le Verifiche sugli Elementi

Una descrizione più dettagliata delle verifiche delle deformazioni a compressione degli elementi e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione relativa alle Deformazioni Assiali degli Elementi di Controvento in Acciaio del rispettivo appendice.

## FORZE DI TRAZIONE DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO

I risultati della verifica delle forze di trazione degli elementi in acciaio, in base alla normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato limite, o obiettivo di Performance, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono la determinazione dell'analisi e il piano. Gli Stati Limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti Normativi. Inoltre, nel menù a tendina per la selezione delle analisi, oltre alle analisi eseguite, è presente un'opzione denominata Analisi Critica, che è l'inviluppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità di Forza di Trazione sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nella vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti di prestazione degli elementi o l'analisi critica di ciascun elemento sul grafico 3D, oppure di visualizzare gli elementi con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Modulo Forze di Trazione degli Elementi in Acciaio

E' possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite l'apposito pulsante per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un elemento e selezionando Visualizza tutte le verifiche degli Elementi, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

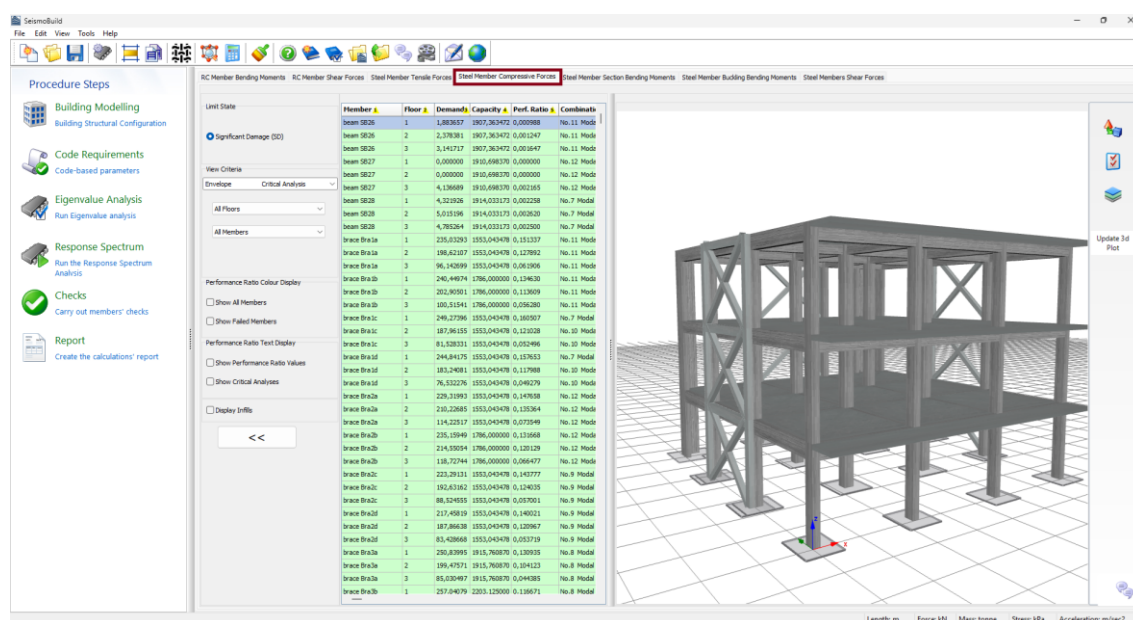
Member checks for: brace Bra2a of floor 1			
Steel Member Tensile Forces			
Limit State			
Significant Damage (SD)			
Analysis	Value	Capacity	Perf. Ratio
Envelope	154,716578	1553,043478	0,099622
No. 5 Modal + X +	89,794037	1553,043478	0,057818
No. 6 Modal + X -	116,910866	1553,043478	0,075279
No. 7 Modal - X +	0,000000	1553,043478	0,000000
No. 8 Modal - X - eccV	0,000000	1553,043478	0,000000
No. 9 Modal + Y +	154,716578	1553,043478	0,099622
No. 10 Modal + Y -	124,520151	1553,043478	0,080178
No. 11 Modal - Y +	0,000000	1553,043478	0,000000
No. 12 Modal - Y -	0,000000	1553,043478	0,000000

### Modulo per le Verifiche sugli Elementi

Una descrizione più dettagliata delle verifiche delle forze di trazione degli elementi e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione relativa alle Forze Assiali degli Elementi di Controvento in Acciaio del rispettivo appendice.

## FORZE DI COMPRESSIONE DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO

I risultati della verifica delle forze di compressione negli elementi di controvento in acciaio, in base alla normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o obiettivo di Performance, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono la determinazione dell'analisi e il piani. Gli Stati Limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti normativi. Inoltre, nel menù a tendina per la selezione delle analisi oltre alle analisi eseguite è presente un'opzione denominata Analisi Critica, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità di Forza di Compressione sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nella vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti di prestazione degli elementi o l'analisi critica di ciascun elemento sul grafico 3D, oppure di visualizzare gli elementi con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Modulo Forze di Compressione degli Elementi in Acciaio

E' possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite l'apposito pulsante per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un elemento e selezionando Visualizza tutte le verifiche dei membri, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.



Member checks for brace Bra2a of floor 1

Steel Member Tensile Forces Steel Member Compressive Forces Steel Member Section Bending Moments Steel Member Buckling Bending Moments Steel Members Shear Forces

Limit State  
☒ Significant Damage (SD)

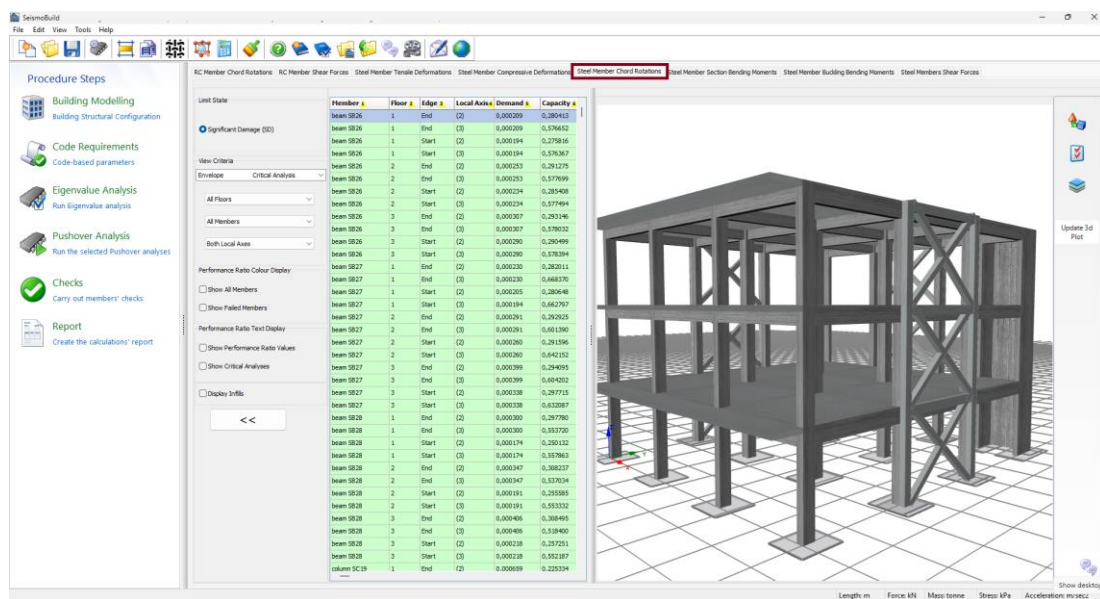
Analysis	Value	Capacity	Perf. Ratio
Envelope	154,716578	1553,043478	0,099622
No.5 Modal + X +	89,794037	1553,043478	0,057818
No.6 Modal + X -	116,910866	1553,043478	0,075279
No.7 Modal - X +	0,000000	1553,043478	0,000000
No.8 Modal - X - ecc'Y	0,000000	1553,043478	0,000000
No.9 Modal + Y +	154,716578	1553,043478	0,099622
No.10 Modal + Y -	124,520151	1553,043478	0,080178
No.11 Modal - Y +	0,000000	1553,043478	0,000000
No.12 Modal - Y -	0,000000	1553,043478	0,000000

### Modulo per le Verifiche sugli Elementi

Una descrizione più dettagliata delle verifiche delle forze di compressione degli elementi e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione relativa alle Forze Assiali degli Elementi in Acciaio del rispettivo appendice.

## ROTAZIONE ALLA CORDA DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO

I risultati della verifica della capacità di rotazione di cerniera per gli elementi in acciaio, in accordo con il Codice selezionato, possono essere visualizzati in questo modulo. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite o obiettivo di Prestazione visualizzare i risultati e scegliere vari filtri, che includono la selezione dell'analisi e del piano. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite all'interno dei Requisiti Normativi. Nel menu a tendina dedicato alla selezione dell'analisi, oltre alle analisi eseguite è disponibile anche l'opzione Analisi Critica, che rappresenta l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità di rotazione di cerniera vengono evidenziati in rosso, sia nella vista tabellare sia nella visualizzazione 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di mostrare i rapporti di prestazione degli elementi, oppure l'analisi critica di ciascun elemento nella vista 3D, oppure ancora visualizzare gli elementi con colori differenti a seconda del valore del loro rapporto di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Modulo Capacità di Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio

È possibile nascondere la tabella di inserimento dei dati tramite l'apposito pulsante, così da visualizzare il modello strutturale in 3D in modalità "schermo intero". Facendo clic con il tasto destro su un elemento e selezionando View All Member Checks, compare una finestra con tutte le verifiche per tutte le analisi relative a quell'elemento specifico.

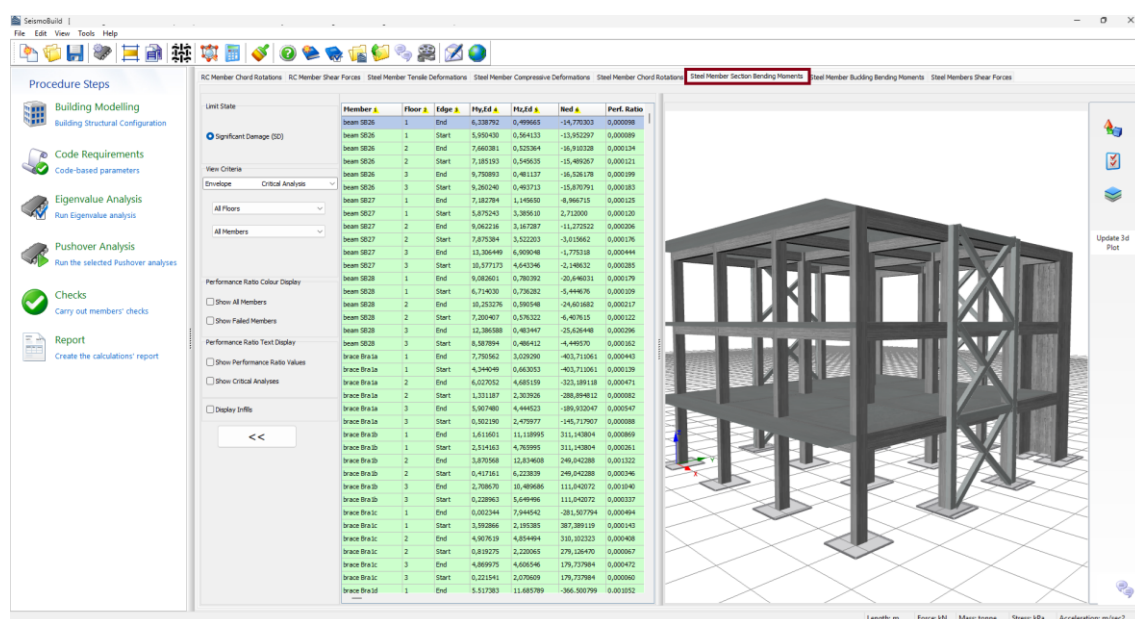
Analysis	Edge	Local Axis	Value	Capacity	Perf. Ratio
Envelope	Start	(2)	0,000845	0,247653	0,003413
Envelope	Start	(3)	0,000648	0,110206	0,005884
Envelope	End	(2)	0,000634	0,225128	0,002818
Envelope	End	(3)	0,000634	0,562199	0,001128
No. 9 Uniform + X +	Start	(2)	0,000338	0,247946	0,001362
No. 9 Uniform + X +	Start	(3)	0,000338	0,469171	0,000720
No. 9 Uniform + X +	End	(2)	0,000275	0,231651	0,001189
No. 9 Uniform + X +	End	(3)	0,000275	0,434706	0,000633
No. 10 Uniform + X -	Start	(2)	0,000429	0,248369	0,001728
No. 10 Uniform + X -	Start	(3)	0,000429	0,465338	0,000922
No. 10 Uniform + X -	End	(2)	0,000342	0,230210	0,001484
No. 10 Uniform + X -	End	(3)	0,000342	0,435008	0,000785
No. 11 Uniform - X +	Start	(2)	0,000367	0,251416	0,001459
No. 11 Uniform - X +	Start	(3)	0,000367	0,564552	0,000650

### Modulo Verifiche degli Elementi

Una descrizione più dettagliata delle verifiche delle forze di compressione degli elementi e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione relativa alla Capacità di Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio del rispettivo appendice.

## MEMBERS FLETTENTI DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO

I risultati della verifica dei momenti flettenti degli elementi in acciaio, secondo il Codice selezionato, possono essere visualizzati in questo modulo. Gli utenti possono scegliere per quale Stato Limite o obiettivo di Prestazione visualizzare i risultati e applicare vari filtri, che includono la selezione dell'analisi e del piano. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite all'interno dei Requisiti Normativi. Nel menu a tendina per la selezione dell'analisi, oltre alle analisi eseguite, è presente anche l'opzione Analisi Critica, che rappresenta l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità resistente a momento flettente vengono evidenziati in rosso, sia nella vista tabellare che nella visualizzazione 3D. Sono inoltre disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di mostrare i rapporti di prestazione degli elementi o l'analisi critica di ciascun elemento nel grafico 3D, oppure visualizzare gli elementi con colori differenti a seconda del valore del rapporto di prestazione corrispondente allo stato limite selezionato.



### Modulo Momenti Flettenti degli Elementi in Acciaio

È possibile nascondere la tabella di inserimento dei dati tramite l'apposito pulsante, così da visualizzare il modello strutturale in 3D in modalità “schermo intero”. Facendo clic con il tasto destro su un elemento e selezionando View All Member Checks, compare una finestra che mostra le verifiche relative a tutte le analisi per quell'elemento specifico.

Member checks for: column SC21 of floor 1

Steel Member Tensile Deformations Steel Member Chord Rotations Steel Member Section Bending Moments Steel Member Buckling Bending Moments Steel Members Shear Forces

Limit State  
☒ Significant Damage (SD)

Analysis	Edge	$M_{y,Ed}$	$M_{z,Ed}$	$N_{ed}$	Perf. Ratio
Envelope	Start	23,35	33,39	230,25	0,002193
Envelope	End	21,05	31,02	230,25	0,001904
No.9 Uniform + X +	Start	15,25	27,93	61,18	0,001545
No.9 Uniform + X +	End	14,25	25,88	61,18	0,001366
No.10 Uniform + X -	Start	19,25	30,12	121,88	0,001859
No.10 Uniform + X -	End	17,84	28,16	121,88	0,001654
No.11 Uniform - X +	Start	16,41	22,96	-172,86	0,001230
No.11 Uniform - X +	End	15,16	14,61	-172,86	0,000760
No.12 Uniform - X -	Start	20,29	25,36	-222,21	0,001514
No.12 Uniform - X -	End	18,10	16,70	-222,21	0,000955
No.13 Uniform + Y +	Start	37,29	5,39	465,42	0,001384
No.13 Uniform + Y +	End	33,90	8,93	465,42	0,001247
No.14 Uniform + Y -	Start	30,84	1,97	385,52	0,001080
No.14 Uniform + Y -	End	27,96	7,04	385,52	0,000989

### Modulo Verifiche degli Elementi

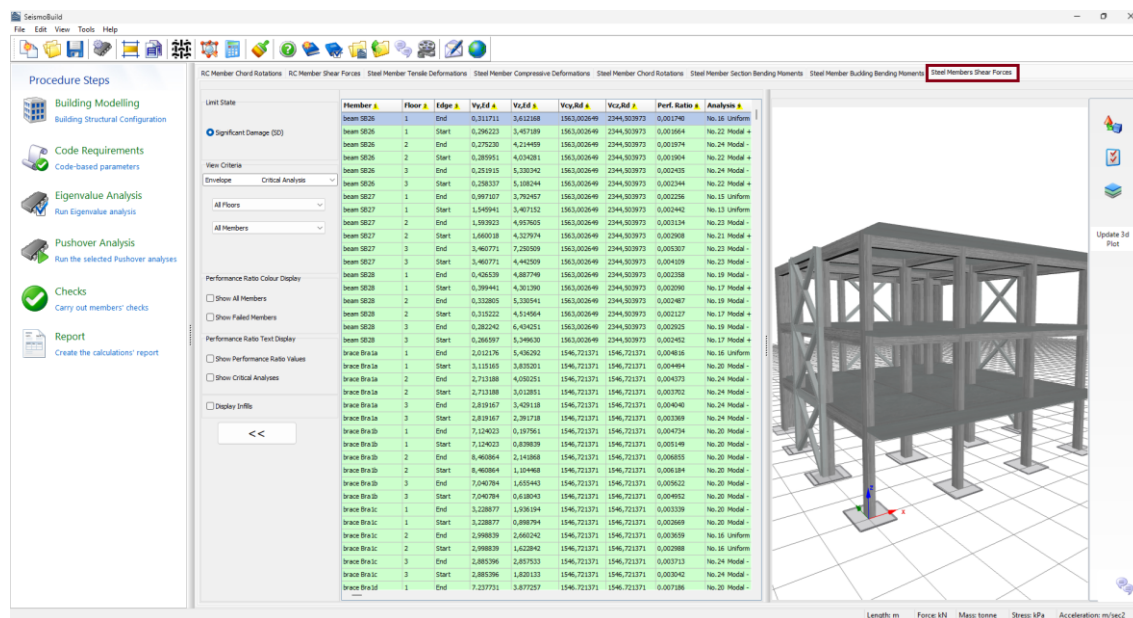
Una descrizione più dettagliata delle verifiche delle forze di compressione degli elementi e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione relativa ai Momenti Flettenti degli Elementi in Acciaio del rispettivo appendice.

## FORZE TAGLIANTI DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO

I risultati della verifica delle forze di taglio negli elementi in acciaio, secondo il Codice selezionato, possono essere visualizzati in questo modulo. Gli utenti possono scegliere per quale Stato Limite o obiettivo di Prestazione visualizzare i risultati e applicare vari filtri, che includono la selezione dell'analisi e del piano. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite all'interno dei Requisiti Normativi. Nel menu a tendina per la selezione dell'analisi, oltre alle analisi eseguite, è presente anche l'opzione Analisi Critica, che rappresenta l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità resistente a taglio vengono evidenziati in rosso,



sia nella vista tabellare sia nella visualizzazione 3D. Sono inoltre disponibili varie opzioni di visualizzazione: ad esempio, gli utenti possono scegliere di mostrare i rapporti di prestazione degli elementi o l'analisi critica di ciascun elemento nel grafico 3D, oppure visualizzare gli elementi con colori differenti in funzione del valore del rapporto di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Modulo Forze di Taglio degli Elementi in Acciaio

È possibile nascondere la tabella di inserimento dei dati tramite l'apposito pulsante, così da visualizzare il modello strutturale in 3D in modalità "schermo intero". Facendo clic con il tasto destro su un elemento e selezionando View All Member Checks, compare una finestra che mostra le verifiche relative a tutte le analisi per quell'elemento specifico.

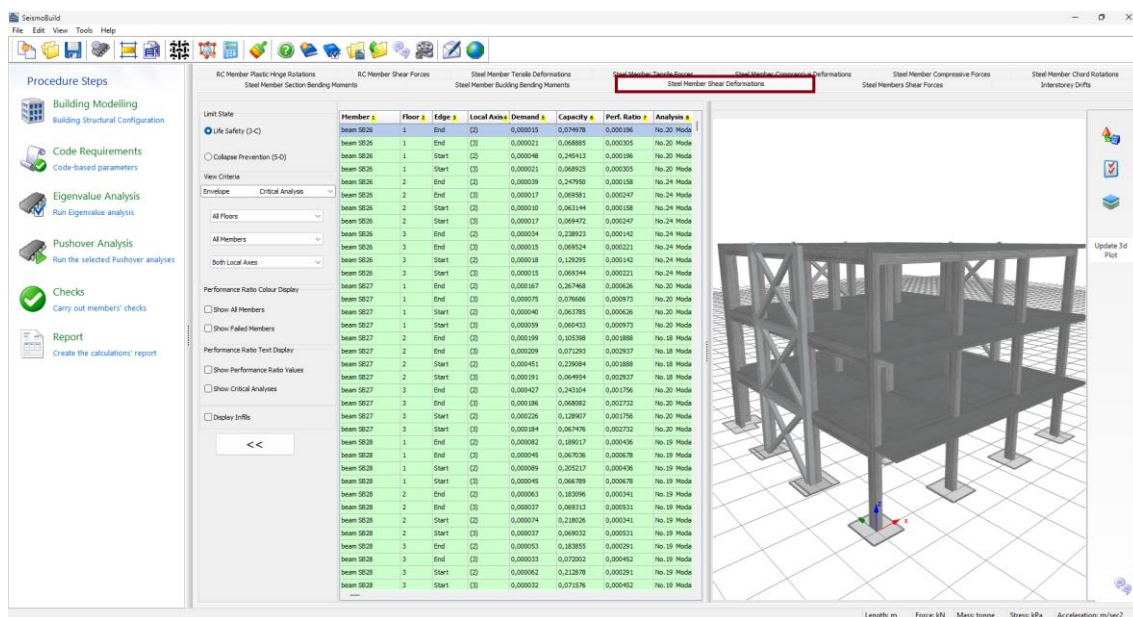
Member checks for column SC20 of floor 1						
Steel Member Tensile Deformations Steel Member Chord Rotations Steel Member Section Bending Moments Steel Member Buckling Bending Moments Steel Members Shear Forces						
Limit State						
Significant Damage (SD)						
Analysis	Edge	V <sub>y,Ed</sub>	V <sub>z,Ed</sub>	V <sub>cy,Rd</sub>	V <sub>cz,Rd</sub>	Perf. Ratio
Envelope	Start	11,028412	14,740596	1563,002649	2344,503973	0,013343
Envelope	End	11,028412	14,740596	1563,002649	2344,503973	0,013343
No.9 Uniform + X +	Start	6,405677	12,513068	1563,002649	2344,503973	0,009436
No.9 Uniform + X +	End	6,405677	12,513068	1563,002649	2344,503973	0,009436
No.10 Uniform + X -	Start	6,230534	15,399226	1563,002649	2344,503973	0,010554
No.10 Uniform + X -	End	6,230534	15,399226	1563,002649	2344,503973	0,010554
No.11 Uniform - X +	Start	11,413527	11,063366	1563,002649	2344,503973	0,012021
No.11 Uniform - X +	End	11,413527	11,063366	1563,002649	2344,503973	0,012021
No.12 Uniform - X -	Start	11,408842	13,475863	1563,002649	2344,503973	0,013047
No.12 Uniform - X -	End	11,408842	13,475863	1563,002649	2344,503973	0,013047
No.13 Uniform + Y +	Start	1,885339	17,527706	1563,002649	2344,503973	0,008682
No.13 Uniform + Y +	End	1,885339	17,527706	1563,002649	2344,503973	0,008682
No.14 Uniform + Y -	Start	1,233854	21,369145	1563,002649	2344,503973	0,009904
No.14 Uniform + Y -	End	1,233854	21,369145	1563,002649	2344,503973	0,009904

### Modulo Verifiche degli Elementi

Una descrizione più dettagliata delle verifiche delle forze di compressione degli elementi e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione relativa alle Forze di Taglio degli Elementi in Acciaio del rispettivo appendice.

## DEFORMAZIONI A TAGLIO DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO

I risultati della verifica delle deformazioni a taglio negli elementi in acciaio, secondo il Codice selezionato, possono essere visualizzati in questo modulo. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite o obiettivo di Prestazione visualizzare i risultati e applicare vari filtri, che includono la selezione dell'analisi e del piano. Gli stati limite disponibili sono quelli già scelti nel modulo Stati Limite all'interno dei Requisiti Normativi. Nel menu a tendina dedicato alla selezione dell'analisi, oltre alle analisi eseguite è disponibile l'opzione Analisi Critica, che rappresenta l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità di deformazione a taglio vengono evidenziati in rosso, sia nella vista tabellare sia nella vista 3D. Sono inoltre disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di mostrare i rapporti di prestazione degli elementi oppure l'analisi critica di ciascun elemento nel grafico 3D, oppure ancora visualizzare gli elementi con colori differenti in funzione del valore del rapporto di prestazione per lo stato limite selezionato.



Modulo Deformazioni a Taglio degli Elementi in Acciaio

È possibile nascondere la tabella di inserimento dei dati tramite l'apposito pulsante, così da visualizzare il modello strutturale in 3D in modalità "schermo intero". Facendo clic con il tasto destro su un elemento e selezionando View All Member Checks, compare una finestra che mostra le verifiche relative a tutte le analisi per quell'elemento specifico.

Member checks for: beam SB26 of floor 1					
Steel Member Chord Rotations Steel Member Section Bending Moments Steel Member Buckling Bending Moments Steel Member Shear Deformations Steel Members Shear Forces					
Limit State					
<input checked="" type="radio"/> Life Safety (3-C) <input type="radio"/> Collapse Prevention (5-D)					
Analysis	Edge	Local Axis	Value	Capacity	Perf. Ratio
Envelope	Start	(2)	0,000048	0,245936	0,000194
Envelope	Start	(3)	0,000021	0,068935	0,000302
Envelope	End	(2)	0,000014	0,073302	0,000194
Envelope	End	(3)	0,000021	0,068895	0,000302
No.17 Modal + X +	Start	(2)	0,000006	0,057348	0,000108
No.17 Modal + X +	Start	(3)	0,000011	0,067924	0,000167
No.17 Modal + X +	End	(2)	0,000028	0,259969	0,000108
No.17 Modal + X +	End	(3)	0,000011	0,068154	0,000167
No.18 Modal + X -	Start	(2)	0,000010	0,084297	0,000124
No.18 Modal + X -	Start	(3)	0,000013	0,067780	0,000193
No.18 Modal + X -	End	(2)	0,000031	0,252264	0,000124
No.18 Modal + X -	End	(3)	0,000013	0,068000	0,000193
No.19 Modal - X +	Start	(2)	0,000044	0,252137	0,000176
No.19 Modal - X +	Start	(3)	0,000019	0,069128	0,000274

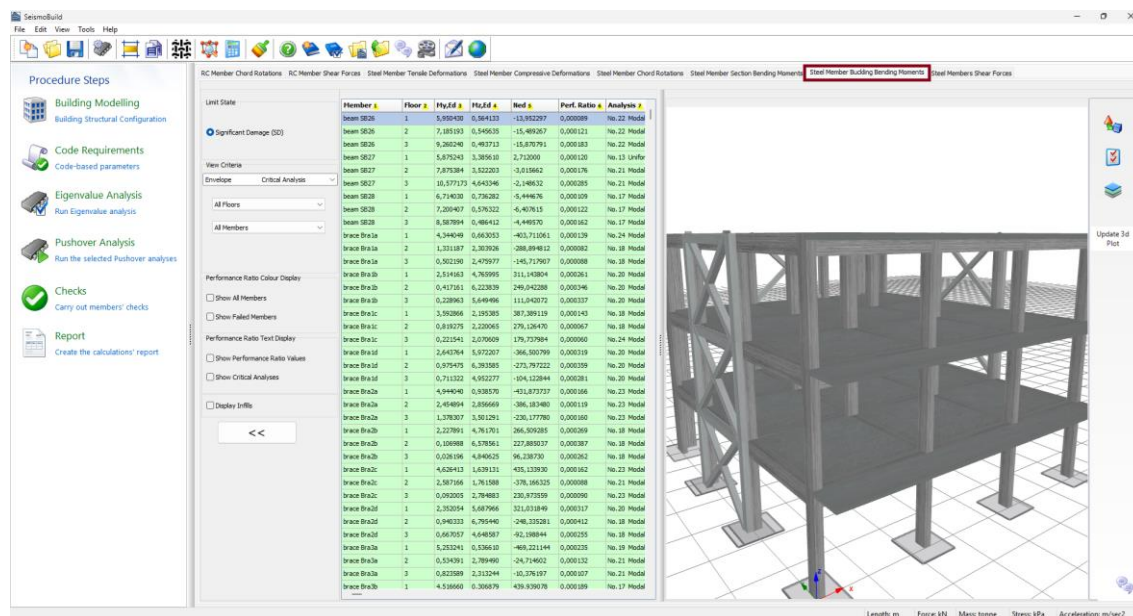
Modulo Verifiche degli Elementi

Una descrizione più dettagliata delle verifiche delle forze di compressione degli elementi e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione relativa alle Deformazioni a Taglio degli Elementi in Acciaio del rispettivo appendice.

## MOMENTI FLETTENTI DI INSTABILITÀ DEGLI ELEMENTI IN ACCIAIO

I risultati della verifica del momento flettente d'instabilità (buckling) degli elementi in acciaio, in accordo con il Codice selezionato, possono essere visualizzati in questo modulo. Gli utenti possono scegliere per quale Stato Limite o obiettivo di Prestazione visualizzare i risultati e applicare vari filtri, che includono la selezione dell'analisi e del piano. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite all'interno dei Requisiti Normativi. Nel menu a tendina per la selezione dell'analisi, oltre alle analisi eseguite, è presente anche l'opzione Analisi Critica, che rappresenta l'involuppo dei risultati di tutte le analisi.

Gli elementi che hanno superato la loro capacità resistente a momento flettente d'instabilità vengono evidenziati in rosso, sia nella vista tabellare sia nella visualizzazione 3D. Sono inoltre disponibili diverse opzioni di visualizzazione: ad esempio, gli utenti possono scegliere di mostrare i rapporti di prestazione degli elementi oppure l'analisi critica di ciascun elemento nel grafico 3D, oppure ancora visualizzare gli elementi con colori differenti in funzione del valore del rapporto di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Modulo Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio

È possibile nascondere la tabella di inserimento dei dati tramite l'apposito pulsante, così da visualizzare il modello strutturale in 3D in modalità "schermo intero". Facendo clic con il tasto destro su un elemento e selezionando *View All Member Checks*, compare una finestra che mostra le verifiche relative a tutte le analisi per quell'elemento specifico.

Member checks for column SC20 of floor 1

Steel Member Tensile Deformations   Steel Member Chord Rotations   Steel Member Section Bending Moments   Steel Member Buckling Bending Moments   Steel Members Shear Forces

Limit State  
☒ Significant Damage (SD)

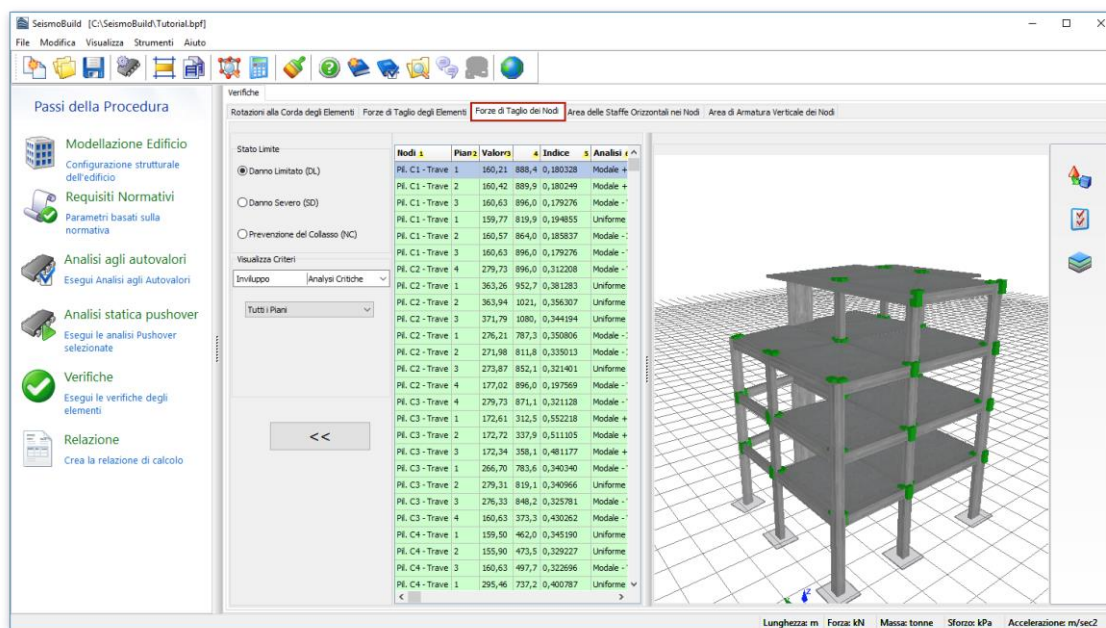
Analysis	My,Ed	Mz,Ed	Ned	Perf. Ratio
Envelope	36,34	3,25	457,89	0,001312
No.9 Uniform + X +	19,55	13,98	244,60	0,000894
No.10 Uniform + X -	23,88	13,92	307,45	0,001056
No.11 Uniform - X +	17,93	19,96	-314,85	0,001012
No.12 Uniform - X -	22,08	20,36	-370,18	0,001150
No.13 Uniform + Y +	29,21	2,10	-409,92	0,000955
No.14 Uniform + Y -	35,82	0,61	-492,39	0,001198
No.15 Uniform - Y +	28,91	3,27	345,32	0,001027
No.16 Uniform - Y -	36,34	3,25	457,89	0,001312
No.17 Modal + X +	23,75	13,63	371,44	0,000964
No.18 Modal + X -	28,16	14,04	458,35	0,001083
No.19 Modal - X +	20,67	19,95	-409,62	0,001010
No.20 Modal - X -	24,84	20,61	-471,12	0,001145
No.21 Modal + Y +	26,98	2,30	-447,67	0,000792

### Modulo Verifiche degli Elementi

Una descrizione più dettagliata delle verifiche delle forze di compressione degli elementi e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione relativa al Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio del rispettivo appendice.

## FORZE DI TAGLIO DEI NODI (EUROCODICI, ASCE 41-23& TBDY)

In questa scheda sono rappresentati i risultati delle verifiche delle forze di taglio per i nodi trave-pilastro, in accordo con la normativa selezionata (queste verifiche sono applicate per EUROCODICI, ASCE 41-23 e TBDY). Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, od Obiettivo Prestazionale, visualizzare i risultati; possono inoltre applicare dei filtri di visualizzazione, come l'analisi e il piano. Gli stati limite disponibili sono quelli che sono stati precedentemente selezionati nella sezione *Stati Limite* del modulo *Requisiti Normativi*. Inoltre, nel menu a discesa per la selezione dell'analisi, in aggiunta alle analisi eseguite, è disponibile anche un'opzione chiamata *Analisi Critica*, che corrisponde all'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi (o meglio, i nodi) che hanno raggiunto la loro resistenza a taglio sono evidenziati in rosso, sia nelle tabelle che nella vista 3D, nella quale sono disponibili varie opzioni di visualizzazione. Per esempio, gli utenti possono selezionare di mostrare gli indici di prestazione dei nodi o l'analisi critica nell'immagine 3D per ciascun elemento, o visualizzare nodi con differenti colori, in base al valore dell'indice di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Scheda delle verifiche delle Forze di Taglio dei Nodi

È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'. Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Nodo*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

Verifiche elemento per colonna JC5 del piano 1					
Rotazione alla Corda    Resistenza a Taglio					
Stati Limite					
<input type="radio"/> Danno Limitato (DL) <input type="radio"/> Danno Severo (SD) <input checked="" type="radio"/> Prevenzione del Collasso (NC)					
Analisi	Estremo	Asse Locale	Valore	Capacità	Indice
Inviluppo	Inizio	(2)	657,338986	818,233888	0,803363
Inviluppo	Inizio	(3)	121,341210	403,012965	0,301085
Inviluppo	Estremo	(2)	657,338986	1332,217912	0,493417
Inviluppo	Estremo	(3)	121,341210	456,879645	0,265587
Uniforme + X	Inizio	(2)	11,923491	1171,862181	0,010175
Uniforme + X	Inizio	(3)	58,373557	367,689621	0,158758
Uniforme + X	Estremo	(2)	11,923491	1364,205283	0,008740
Uniforme + X	Estremo	(3)	58,373557	480,589094	0,121463
Uniforme - X	Inizio	(2)	19,556652	1267,244317	0,015432
Uniforme - X	Inizio	(3)	121,341210	403,012965	0,301085
Uniforme - X	Estremo	(2)	19,556652	1427,899975	0,013696
Uniforme - X	Estremo	(3)	121,341210	456,879645	0,265587
Uniforme + Y	Inizio	(2)	657,338986	818,233888	0,803363
Uniforme + Y	Inizio	(3)	9,226205	637,706622	0,014468
Uniforme + Y	Estremo	(2)	657,338986	1332,217912	0,493417
Uniforme + Y	Estremo	(3)	9,226205	337,017914	0,027376

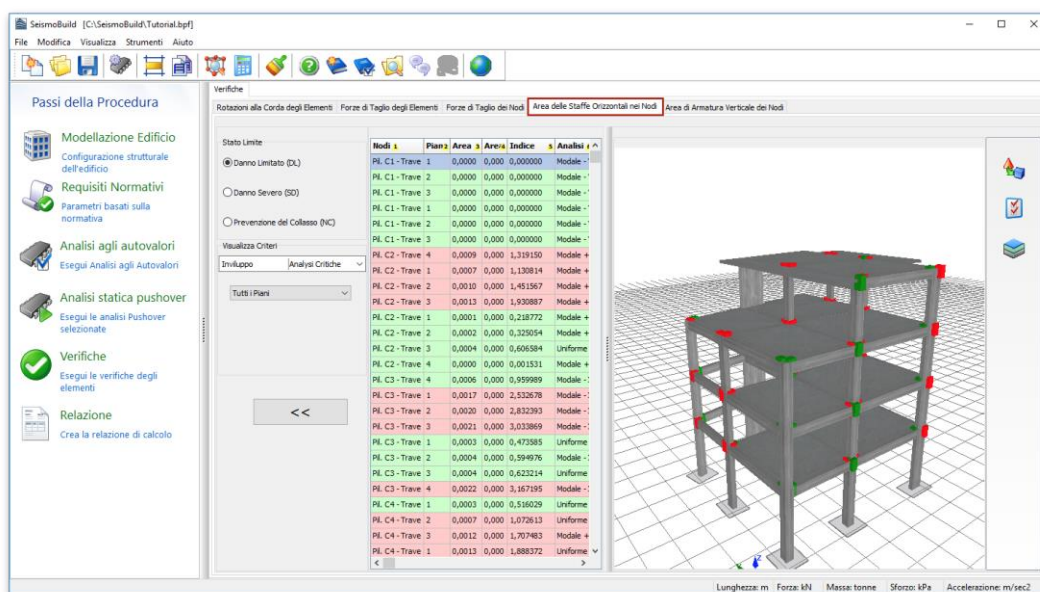
### Modulo Verifiche Criteri Prestazionali

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche delle forze di taglio dei nodi e le equazioni impiegate in SeismoBuild sono disponibili nella sezione *Forze di Taglio dei Nodi* dell'Appendice A.1 - EUROCODICI.



## AREA DELLE STAFFE ORIZZONTALI NEI NODI (SOLO EUROCODICI)

In questa scheda sono rappresentati i risultati delle verifiche dell'area delle staffe orizzontali per i nodi trave-pilastro (questa verifica si applica solo all'Eurocodice 8). Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite visualizzare i risultati; possono inoltre applicare dei filtri di visualizzazione, come l'analisi e il piano. Gli stati limite disponibili sono quelli che sono stati precedentemente selezionati nella sezione *Stati Limite* del modulo *Requisiti Normativi*. Inoltre, nel menu a discesa per la selezione dell'analisi, in aggiunta alle analisi eseguite, è disponibile anche un'opzione chiamata *Analisi Critica*, che corrisponde all'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi (o meglio, i nodi) che presentano un'area delle staffe inferiore a quella definita dalla normativa sono evidenziati in rosso, sia nelle tabelle che nella vista 3D, nella quale sono disponibili varie opzioni di visualizzazione. Per esempio, gli utenti possono selezionare di mostrare gli indici di prestazione dei nodi o l'analisi critica nell'immagine 3D per ciascun elemento, o visualizzare i nodi con differenti colori, in base al valore dell'indice di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Scheda delle verifiche dell'Area delle Staffe Orizzontali nei Nodi

È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'. Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Nodo*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

Criteri Prestazionali per il Nodo Pil. C5 - Trave B10 - Trave B11 del piano 1

Resistenza a Taglio | **Area delle Staffe Orizzontali nei Nodi** | Area Armatura Verticale

Stato Limite  
☐ Danno Limitato (DL)    ☐ Danno Severo (SD)    ☒ Prevenzione del Collasso (NC)

Analisi	Area Richiesta	Area Fornita	Indice Prestaz.
Involuppo	0.001231	0.000707	1.741061
Uniforme + X	0.001139	0.000707	1.611573
Uniforme - X	0.000558	0.000707	0.788855
Uniforme + Y	0.000389	0.000707	0.550749
Uniforme - Y	0.000391	0.000707	0.553337
Modale + X	0.001231	0.000707	1.741061
Modale - X	0.000412	0.000707	0.582304
Modale + Y	0.000344	0.000707	0.486803
Modale - Y	0.000352	0.000707	0.498244

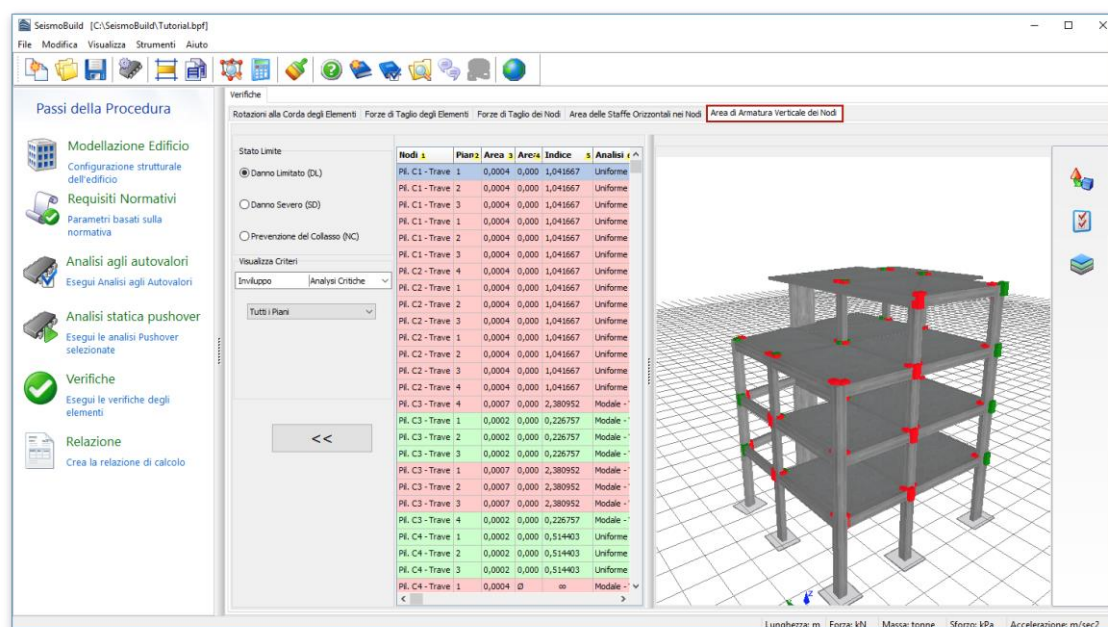
### Modulo Verifiche Criteri Prestazionali

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche dell'area delle staffe orizzontali nei nodi e le equazioni impiegate in SeismoBuild sono disponibili nella sezione *Area delle Staffe Orizzontali nei Nodi* dell'Appendice A.1 - EUROCODICI.

## AREA DI ARMATURA VERTICALE DEI NODI (SOLO EUROCODICI)

In questa scheda sono rappresentati i risultati delle verifiche dell'area di armatura verticale per i nodi trave-pilastro (questa verifica si applica solamente all'Eurocodice 8). Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite visualizzare i risultati; possono inoltre applicare dei filtri di visualizzazione, come l'analisi e il piano. Gli stati limite disponibili sono quelli che sono stati precedentemente selezionati nella sezione *Stati Limite* del modulo *Requisiti Normativi*. Inoltre, nel menu a discesa per la selezione dell'analisi, in aggiunta alle analisi eseguite, è disponibile anche un'opzione chiamata *Analisi Critica*, che corrisponde all'involuppo dei risultati di tutte le analisi.

Gli elementi (o meglio, i nodi) che presentano un'area di armatura verticale inferiore a quella definita dalla normativa sono evidenziati in rosso, sia nelle tabelle che nella vista 3D, nella quale sono disponibili varie opzioni di visualizzazione. Per esempio, gli utenti possono selezionare di mostrare gli indici di prestazione dei nodi o l'analisi critica nell'immagine 3D per ciascun elemento, o visualizzare i nodi con differenti colori, in base al valore dell'indice di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Scheda delle verifiche dell'Area di Armatura Verticale dei Nodi

È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'. Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Nodo*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

Criteria Prestazionali per il Nodo Pil. C3 - Trave B13 del piano 1

Resistenza a Taglio | Area delle Staffe Orizzontali nei Nodi | Area Armatura Verticale

Stato Limite  
☒ Danno Limitato (DL) ☐ Danno Severo (SD) ☐ Prevenzione del Collasso (NC)

Analisi	Area Richiesta	Area Fornita	Indice Prestaz.
Involuppo	0.000209	0.000924	0.226757
Uniforme + X	0.000209	0.000924	0.226757
Uniforme - X	0.000209	0.000924	0.226757
Uniforme + Y	0.000209	0.000924	0.226757
Uniforme - Y	0.000209	0.000924	0.226757
Modale + X	0.000209	0.000924	0.226757
Modale - X	0.000209	0.000924	0.226757
Modale + Y	0.000209	0.000924	0.226757
Modale - Y	0.000209	0.000924	0.226757

### Modulo Verifiche Criteri Prestazionali

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche dell'area di armatura verticale dei nodi e le equazioni impiegate in SeismoBuild sono disponibili nella sezione *Area di Armatura Verticale dei Nodi* dell'Appendice A.1 - EUROCODICI.

### DUTTILITÀ DEI NODI

Di seguito vengono presentati i risultati delle verifiche di duttilità per i nodi trave-pilastro. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono la determinazione dell'analisi e il piano. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati limite in *Requisiti Normativi*. Inoltre, nel menu a tendina per la selezione dell'analisi oltre alle analisi eseguite è presente un'opzione denominata *Analisi Critica*, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che raggiungono la loro capacità di duttilità nodale sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nel formato vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti di prestazione dei nodi o l'analisi critica di ciascun nodo sull'immagine 3D, oppure di visualizzare i nodi con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto di prestazione per lo stato limite selezionato.

SeismoBuild [C:\Users\seismosoft\Desktop\Tutorial 4.bkf]

File Modifica Visualizza Strumento Aiuto

Passi della Procedura

- Modellazione Edificio
- Configurazione Strutturale dell'Edificio
- Requisiti Normativi
- Parametri basati sulla normativa
- Analisi agli Autovalori
- Esegui Analisi agli Autovalori
- Analisi lineare
- Esegui le analisi statiche lineari
- Verifiche
- Esegui le verifiche degli elementi
- Resoconto
- Crea la relazione di calcolo

Mostra Colori di Prestazione

☐ Mostra Tutti i Nodi

☐ Mostra Nodi Rotti

Mostra Colori di Prestazione

☐ Mostra Valori Indice di Prestazione

☐ Mostra Analisi Critica

Stato Limite

☐ Danno Limitato (DL)

☐ Danno Severo (SD)

☒ Prevenzione del Collasso (NC)

Visualizza Criteri

Involuppo

Analisi Critica

Tutti i Piani

Forze di Taglio degli Elementi

Duttilità dei nodi

Forze di Taglio dei nodi

Area delle Staffe Orizzontali nei nodi

Area di Armatura verticale dei nodi

Nodi	Piano	Somma	Somma	Indice	Record
PL C3 - Trave B1	1	146,80332	172,33338	0,85184	Trasparente
PL C3 - Trave B1	2	146,80332	166,83628	1,25783	Trasparente
PL C1 - Trave B13	1	93,87421	172,33338	0,53382	Trasparente
PL C1 - Trave B13	2	82,714921	166,83628	0,70790	Trasparente
PL C3 - Trave B1	1	220,33811	674,32197	0,32625	Trasparente
PL C3 - Trave B1	2	227,67112	651,13647	0,35045	Trasparente
PL C3 - Trave B21	1	93,37836	100,77675	0,92486	Trasparente
PL C3 - Trave B21	2	146,20085	96,70785	1,50913	Trasparente
PL C11 - Trave B2	1	307,43004	821,00554	0,374454	Trasparente
PL C11 - Trave B2	2	229,96020	750,42688	0,306358	Trasparente
PL C12 - Trave B15	1	305,01382	670,168436	0,455127	Trasparente
PL C12 - Trave B15	2	225,34149	680,192810	0,331291	Trasparente
PL C12 - Trave B4	1	144,61279	95,315724	1,517261	Trasparente
PL C12 - Trave B4	2	144,61279	95,763231	1,494503	Trasparente
PL C13 - Trave B13	1	221,58635	739,221363	0,299756	Trasparente
PL C13 - Trave B13	2	289,45533	741,232122	0,390506	Trasparente
PL C14 - Trave B14	1	144,61279	838,410888	0,174567	Trasparente
PL C14 - Trave B14	2	144,78384	752,356788	0,192443	Trasparente
PL C14 - Trave B26	1	144,61279	302,544536	1,410244	Trasparente
PL C14 - Trave B26	2	144,61279	18,619376	1,402680	Trasparente
PL C15 - Trave B11	1	80,387862	94,422318	0,851430	Trasparente
PL C15 - Trave B11	2	86,28643	104,301521	0,816139	Trasparente
PL C15 - Trave B25	1	220,84548	664,532486	0,332582	Trasparente
PL C15 - Trave B25	2	220,93027	666,128393	0,331394	Trasparente
PL C16 - Trave B24	1	308,37797	666,056283	0,462889	Trasparente
PL C16 - Trave B24	2	220,34036	873,033912	0,242046	Trasparente
PL C16 - Trave B7	1	89,327805	94,736087	0,943111	Trasparente
PL C16 - Trave B7	2	87,932842	95,783888	0,918035	Trasparente
PL C17 - Trave B16	1	232,79168	269,694483	0,863188	Trasparente
PL C17 - Trave B16	2	235,94139	251,004595	0,939988	Trasparente
PL C17 - Trave B8	1	144,61279	75,932759	1,804483	Trasparente
PL C17 - Trave B8	2	144,61279	72,74225	1,987158	Trasparente
PL C18 - Trave B12	1	144,61279	84,236272	1,534538	Trasparente
PL C18 - Trave B12	2	144,61279	74,939271	1,929733	Trasparente
PL C18 - Trave B18	1	226,77257	262,332764	0,875882	Trasparente
PL C18 - Trave B18	2	225,94101	252,494436	0,910119	Trasparente
PL C2 - Trave B24	1	146,74799	118,836620	1,256075	Trasparente

Lunghezza: m Forza: kN Massa: tonne Sforzo: kPa Accelerazione: m/sec2

### Modulo Verifiche della duttilità dei Nodi



È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'. Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Nodo*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

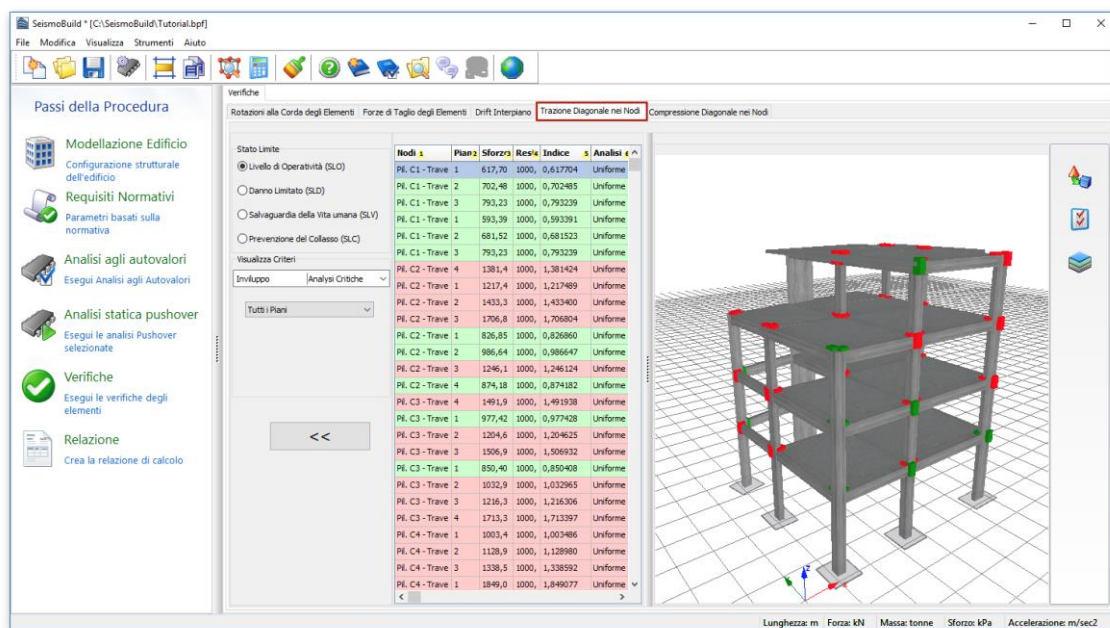
Analisi	Somma delle	Somma delle	Indice Prestaz.
Inviluppo	146,902032	116,830620	1,257393
No. 8	144,612798	144,748098	0,999065
No. 9	81,243511	116,830620	0,695396
No. 10	146,902032	116,830620	1,257393

### Modulo Verifiche Criteri Prestazionali

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche di duttilità dei nodi e le equazioni impiegate in SeismoBuild sono disponibili nella sezione *Duttilità dei Nodi* della rispettiva appendice.

## TRAZIONE DIAGONALE NEI NODI (NTC & KANEPE)

In questa scheda sono rappresentati i risultati delle verifiche di trazione diagonale per i nodi trave-pilastro (questa verifica si applica alle NTC-18 e alla KANEPE). Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite visualizzare i risultati; possono inoltre applicare dei filtri di visualizzazione, come l'analisi e il piano. Gli stati limite disponibili sono quelli che sono stati precedentemente selezionati nella sezione *Stati Limite* del modulo *Requisiti Normativi*. Inoltre, nel menu a discesa per la selezione dell'analisi, in aggiunta alle analisi eseguite, è disponibile anche un'opzione chiamata *Analisi Critica*, che corrisponde all'inviluppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi (o meglio, i nodi) che hanno superato la loro capacità di sforzo di trazione diagonale sono evidenziati in rosso, sia nelle tabelle che nella vista 3D, nella quale sono disponibili varie opzioni di visualizzazione. Per esempio, gli utenti possono selezionare di mostrare gli indici di prestazione dei nodi o l'analisi critica nell'immagine 3D per ciascun elemento, o visualizzare i nodi con differenti colori, in base al valore dell'indice di prestazione per lo stato limite selezionato.



Scheda delle verifiche di Trazione Diagonale nei Nodi

È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'. Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Nodo*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.



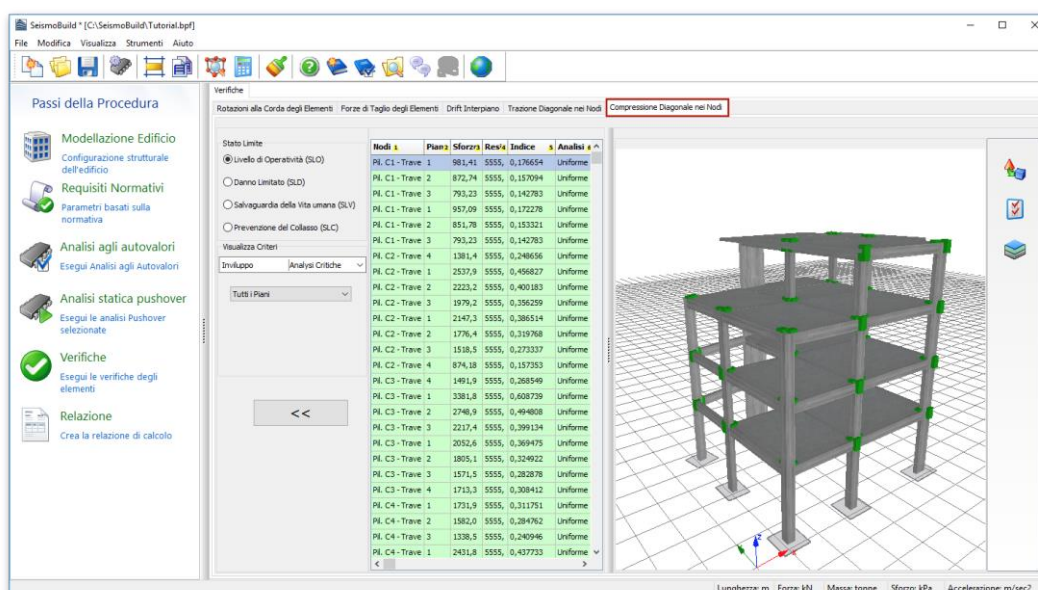
Modulo Verifiche Criteri Prestazionali

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche di trazione diagonale nei nodi e le equazioni impiegate in SeismoBuild sono disponibili nella sezione *Trazione Diagonale nei Nodi* delle rispettive appendici.

## COMPRESSIONE DIAGONALE NEI NODI (NTC & KANEPE)

In questa scheda sono rappresentati i risultati delle verifiche di compressione diagonale per i nodi trave-pilastro (questa verifica si applica alle NTC-18 e alla KANEPE). Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite visualizzare i risultati; possono inoltre applicare dei filtri di visualizzazione, come l'analisi e il piano. Gli stati limite disponibili sono quelli che sono stati precedentemente selezionati nella sezione *Stati Limite* del modulo *Requisiti Normativi*. Inoltre, nel menu a discesa per la selezione dell'analisi, in aggiunta alle analisi eseguite, è disponibile anche un'opzione chiamata *Analisi Critica*, che corrisponde all'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi (o meglio, i nodi) che hanno superato la loro capacità di sforzo di compressione diagonale sono evidenziati in rosso, sia nelle tabelle che nella vista 3D, nella quale sono disponibili varie opzioni di visualizzazione. Per esempio, gli utenti possono

selezionare di mostrare gli indici di prestazione dei nodi o l'analisi critica nell'immagine 3D per ciascun elemento, o visualizzare i nodi con differenti colori, in base al valore dell'indice di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Scheda delle verifiche di Compressione Diagonale nei Nodi

È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'.

Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Nodo*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

Criteri Prestazionali per il Nodo Pil. C2 - Trave B1 - Trave B2 del piano 1

Trazione Diagonale

Compressione Diagonale

Stato Limite

☒ Livello di Operatività (SLO)
☐ Danno Limitato (SLD)
☐ Salvaguardia della Vita umana (SLV)
☐ Prevenzione del Collasso (SLC)

Analisi	Sforzo Richiesto	Resistenza Fornita	Indice Prestaz.
Involuppo	2009.559377	5555.555556	0.361721
Uniforme + X + eccY	1978.445762	5555.555556	0.356120
Uniforme + X - eccY	1900.540419	5555.555556	0.342097
Uniforme - X + eccY	1940.529870	5555.555556	0.349295
Uniforme - X - eccY	1916.152423	5555.555556	0.344907
Uniforme + Y + eccX	1958.767677	5555.555556	0.352578
Uniforme + Y - eccX	1963.843384	5555.555556	0.353492
Uniforme - Y + eccX	2009.559377	5555.555556	0.361721
Uniforme - Y - eccX	2003.767530	5555.555556	0.360678

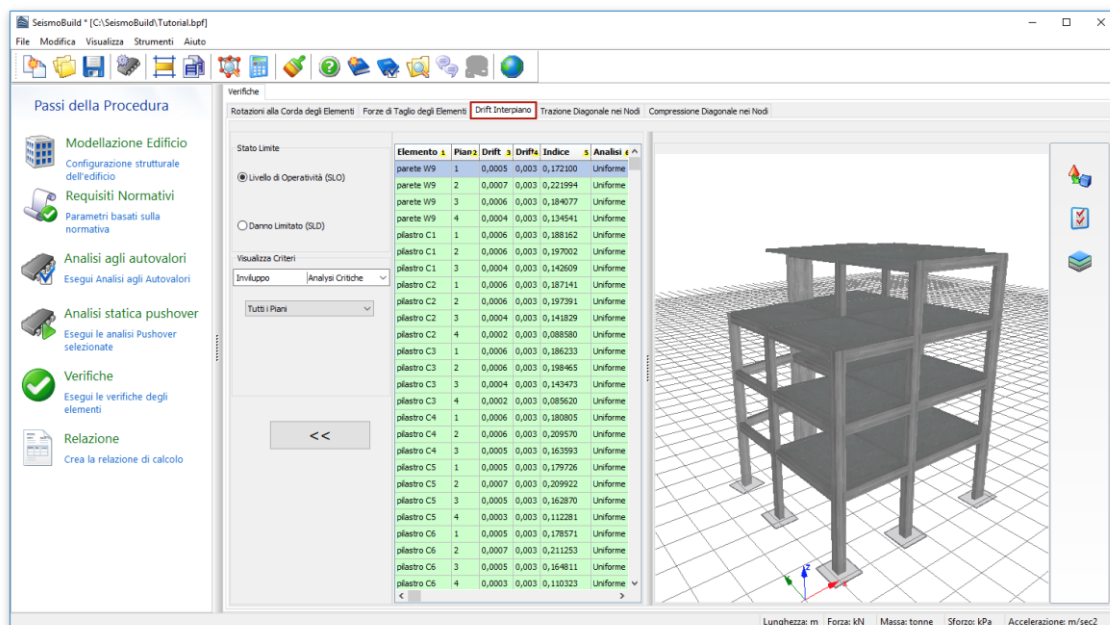
### Modulo Verifiche Criteri Prestazionali

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche di compressione diagonale nei nodi e le equazioni impiegate in SeismoBuild sono disponibili nella sezione *Compressione Diagonale nei Nodi* delle rispettive appendici.

## SPOSTAMENTI INTERPIANO (ASCE 41-23&NTC)

In questa scheda sono rappresentati i risultati delle verifiche degli spostamenti interpianto per pilastri e pareti (questa verifica si applica alle ASCE 41-23 e NTC-18). Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, visualizzare i risultati; possono inoltre applicare dei filtri di visualizzazione, come l'analisi e il piano. Gli stati limite disponibili sono quelli che sono stati precedentemente selezionati nella sezione *Stati Limite* del modulo *Requisiti Normativi*. Si prega di notare che sono verificate solo le pareti

controllate da taglio per quanto riguarda le ASCE 41-23 e solo gli Stati di Limite di Operatività e Danno per pilastri e pareti per quanto riguarda le NTC-18. Inoltre, nel menu a discesa per la selezione dell'analisi, in aggiunta alle analisi eseguite, è disponibile anche un'opzione chiamata *Analisi Critica*, che corrisponde all'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato il livello di drift relativo definito dalla Normativa sono evidenziati in rosso, sia nelle tabelle che nella vista 3D, nella quale sono disponibili varie opzioni di visualizzazione. Per esempio, gli utenti possono selezionare di mostrare gli indici di prestazione degli elementi o l'analisi critica nell'immagine 3D per ciascun elemento, o visualizzare gli elementi con differenti colori, in base al valore dell'indice di prestazione per lo stato limite selezionato.



### Scheda delle verifiche degli Spostamenti Interpiano

È possibile, inoltre, nascondere la tabella dei risultati (attraverso il pulsante corrispondente), per poter visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'schermo intero'. Premendo col tasto destro del mouse su un elemento e selezionando l'opzione *Visualizza Verifiche Elemento*, apparirà una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare elemento.

Verifica del Drift Interpiano per pilastro C2 del Piano 1

Drift Interpiano

Stato Limite

☐ Livello di Operatività (SLO) ☒ Danno Limitato (SLD)

Analisi	Drift Rel. Richiesto	Drift Rel. Fornito	Indice Prestaz.
Involuppo	0.001491	0.005000	0.298228
Uniforme + X + eccY	0.000729	0.005000	0.145831
Uniforme + X - eccY	0.001214	0.005000	0.242707
Uniforme - X + eccY	0.000813	0.005000	0.162655
Uniforme - X - eccY	0.001325	0.005000	0.264927
Uniforme + Y + eccX	0.001217	0.005000	0.243454
Uniforme + Y - eccX	0.001216	0.005000	0.243132
Uniforme - Y + eccX	0.001211	0.005000	0.242153
Uniforme - Y - eccX	0.001198	0.005000	0.239550

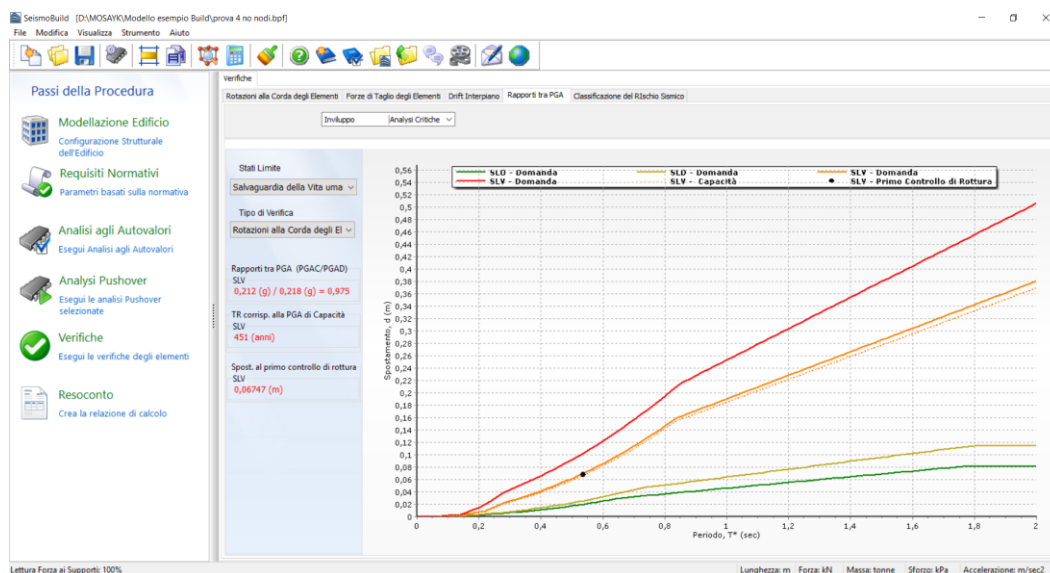
### Modulo Verifiche Spostamenti Interpiano

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche degli spostamenti interpiano e le equazioni impiegate in SeismoBuild sono disponibili nella sezione *Spostamenti Interpiano* delle rispettive appendici.

## RAPPORTI TRA PGA (SOLO NTC)

I Rapporti tra PGA (disponibili solo per NTC) forniscono una panoramica generale sulla vulnerabilità della struttura in termini in accelerazione di picco al suolo che l'edificio può sopportare; quindi, si può definire una misura di rischio sismico. Essa è definita come rapporto tra la PGA di Capacità, che corrisponde allo spostamento della Curva di Capacità, alla quale insorge la prima rottura (in ogni elemento della struttura), diviso per la PGA di Domanda, che corrisponde ad all'Accelerazione spettrale specificata dall'utente nella Scheda Azione Sismica. Il Rapporto tra PGA è calcolato per ciascun stato limite, tipo di verifica e analisi pushover.

I valori maggiori dell'unità (visualizzati con il colore verde) indicano la mancanza di danneggiamenti per la combinazione di stato limite, tipo di verifica e di analisi; mentre nel caso di valori minori dell'unità (in rosso) ci si aspetta danneggiamento. Valori significativamente maggiori dell'unità indicano che la struttura è in grado di resistere a carichi sismici maggiori di quanto richiesto dalla Normativa; mentre valori prossimi allo zero denotano una struttura con una capacità molto modesta rispetto alla capacità richiesta dalla Normativa. Nella scheda rapporti tra PGA la domanda e la capacità di spostamento spettrali sono visualizzate graficamente ed è evidenziato lo spostamento corrispondente alla prima rottura. Inoltre, viene indicato anche il periodo di ritorno associato alla PGA capacità.

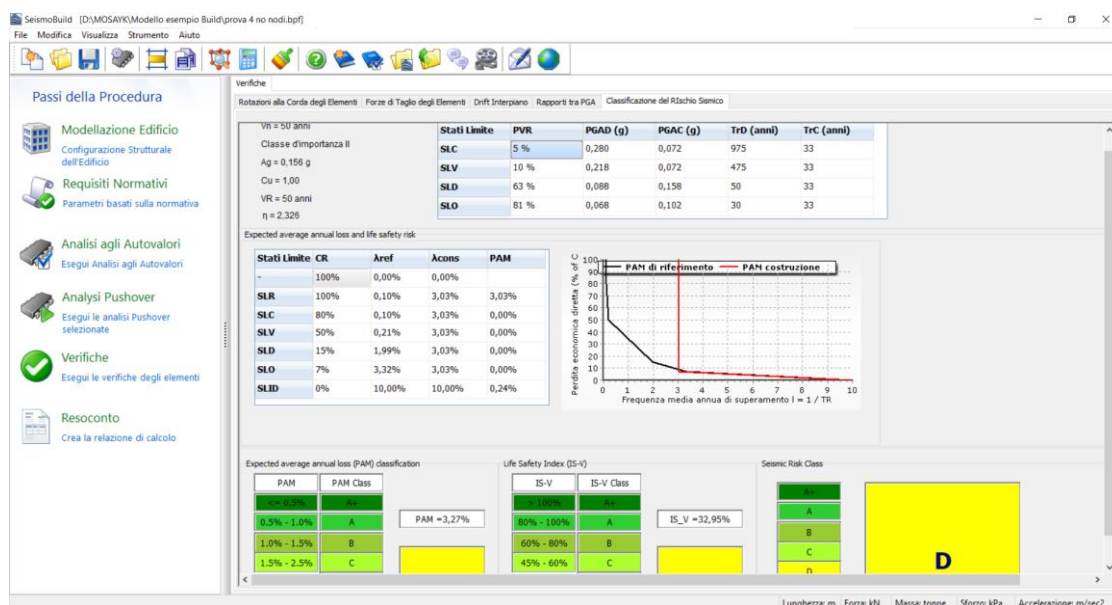


Modulo rapporti tra PGA

## CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO (SOLO NTC)

La Classificazione del Rischio Sismico (prevista solo per NTC) è un indice corrispondente ad una scala di pericolosità sismica, cui un edificio risulta esposto, variabile tra G (maggior rischio sismico) e A+ (minor rischio sismico). Viene definito come il peggiore tra due indici: la Perdita Annuale Media attesa (PAM) e l'Indice di Sicurezza nei confronti dell'azione sismica (IS-V). Per il calcolo dei rapporti tra PGA, definiti in precedenza, sono richiesti gli Stati Limite di Salvaguardia della Vita e di Danno, che devono essere già selezionati nel Modulo Stati Limite dei Requisiti da Normativa. La selezione degli Stati Limite di Operatività e Prevenzione del Collasso, non è obbligatoria, nel caso fossero selezionati, si otterrà una classificazione più accurata. Per la Classificazione di Rischio Sismico sono impiegati i valori minori di rapporti tra PGA per tutti i tipi di verifiche ed analisi selezionate. Informazioni riguardo questi parametri possono essere rimandate alla Normativa Italiana.

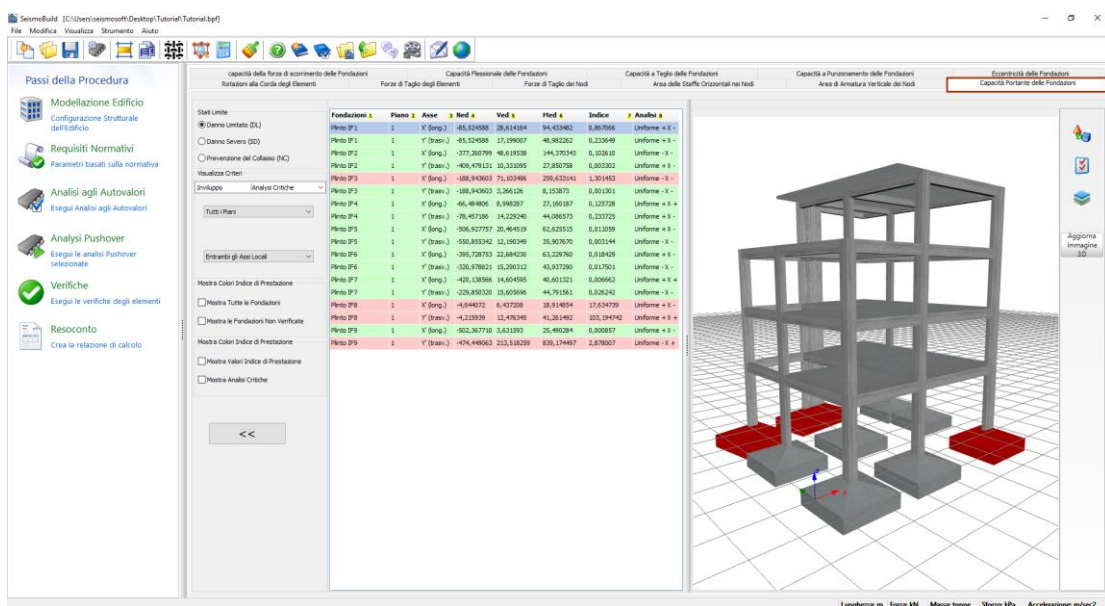




### Modulo Classificazione del Rischio Sismico

## CAPACITÀ PORTANTE DELLE FONDAZIONI (EUROCODICE 8, NTC & KANEPE)

In questo modulo è possibile visualizzare i risultati delle verifiche della capacità portante per i plinti e le travi di fondazione, secondo il codice normativo selezionato. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o Obiettivo Prestazionale, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono il tipo di analisi, il piano e l'asse locale. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti Normativi. Inoltre nel menu a tendina per la selezione dell'analisi oltre alle analisi eseguite c'è un'opzione chiamata Analisi Critica, che rappresenta l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità portante sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che in quella 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti prestazionali delle fondazioni o l'analisi critica di ciascun plinto sul grafico 3D, oppure di visualizzare le fondazioni con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto prestazionale per lo stato limite selezionato.



### Modulo Capacità Portante delle Fondazioni

È possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite il pulsante corrispondente per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un plinto e selezionando la voce Visualizza tutte le verifiche del plinto, viene visualizzata una finestra con le verifiche di tutte le analisi per quel particolare plinto.

Verifiche da Normativa per Plinto IF9 del piano 1

Capacità Portante delle Fondazioni | capacità della forza di scorrimento delle Fondazioni | Capacità Flessionale delle Fondazioni | Capacità a Toglio delle Fondazioni | Capacità a Punzonamento delle Fondazioni | Eccentricità delle Fondazioni

Stati Limite

☒ Danno Limitato (DL) ☐ Danno Severo (SD) ☐ Prevenzione del Collasso (NC)

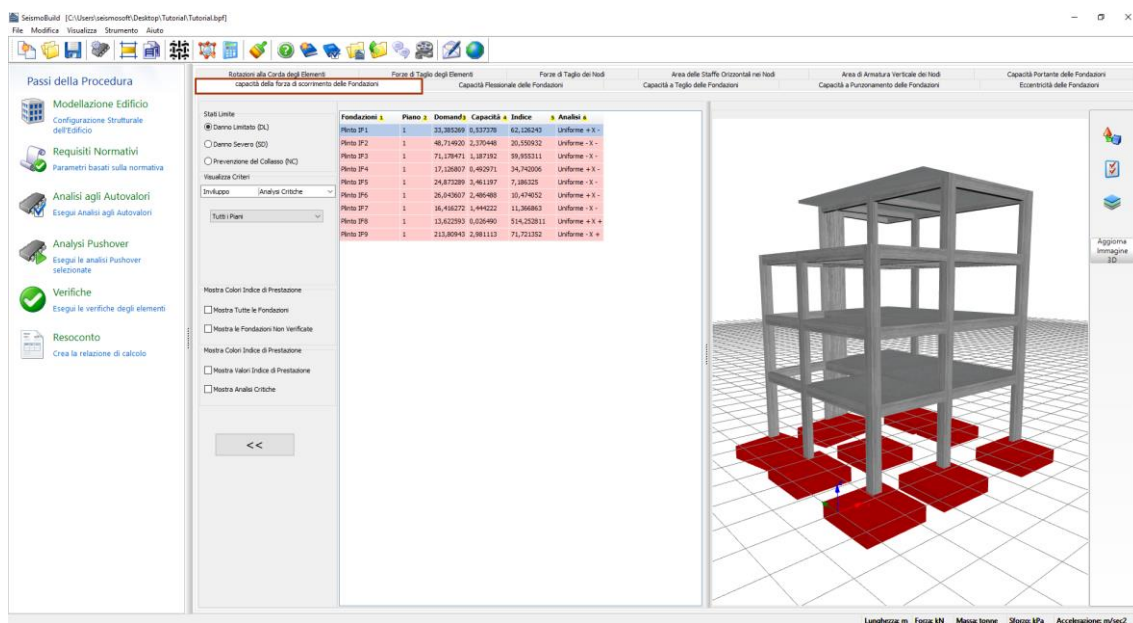
Analisi	Asse Locale	Ned	Ved	Med	Indice
Involuppo	X' (long.)	-502,367710	3,631593	25,490284	0,000857
Involuppo	Y' (trasv.)	-474,449063	213,518259	839,174497	2,878007
Uniforme + X + eccY	X' (long.)	-507,919936	3,275169	24,823378	0,000793
Uniforme + X + eccY	Y' (trasv.)	-507,919936	217,125732	889,685769	2,829154
Uniforme + X - eccY	X' (long.)	-502,367710	3,631593	25,490284	0,000857
Uniforme + X - eccY	Y' (trasv.)	-502,367710	175,310131	768,593223	2,151319
Uniforme - X + eccY	X' (long.)	-474,449063	11,154634	7,266668	0,000235
Uniforme - X + eccY	Y' (trasv.)	-474,449063	213,518259	839,174497	2,878007
Uniforme - X - eccY	X' (long.)	-473,787623	11,349354	8,164802	0,000261
Uniforme - X - eccY	Y' (trasv.)	-473,787623	176,988307	735,543080	2,212348

### Modulo Verifiche delle fondazioni

Una descrizione più dettagliata sulle verifiche della capacità portante delle fondazioni e sulle equazioni utilizzate in SeismoBuild è disponibile nella sezione Capacità portante delle fondazioni della rispettiva appendice.

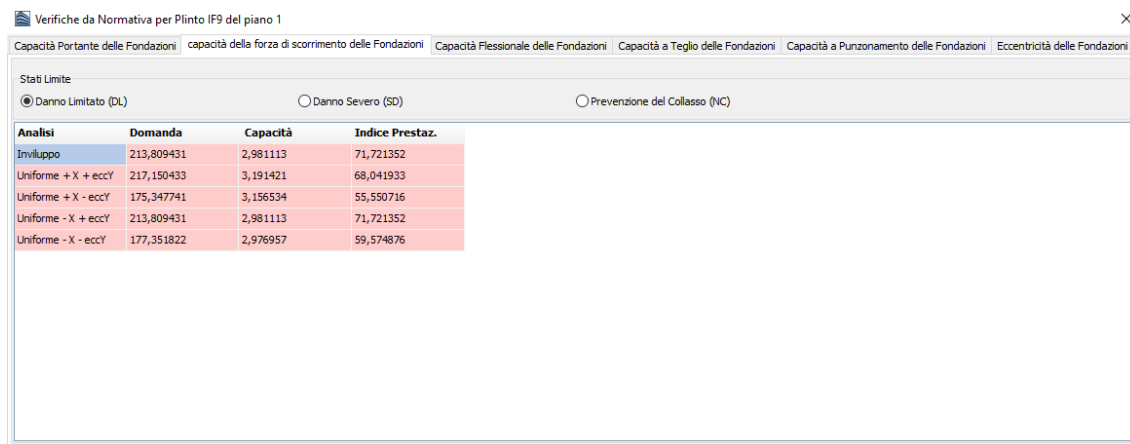
## FORZE DI SCORRIMENTO DELLE FONDAZIONI (EUROCODICE 8, NTC & KANEPE)

In questo modulo è possibile visualizzare i risultati delle verifiche delle forze di scorrimento per i plinti e per le travi di fondazione, secondo la normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o Obiettivo Prestazionale, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono il tipo di analisi, il piano e l'asse locale. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti Normativi. Inoltre nel menu a tendina per la selezione dell'analisi oltre alle analisi eseguite c'è un'opzione chiamata Analisi Critica, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi con rottura per scorrimento sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nel formato vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti prestazionali delle fondazioni o l'analisi critica di ciascun plinto sul grafico 3D, oppure di visualizzare le fondazioni con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto prestazionale per lo stato limite selezionato.



### Modulo Forze di scorrimento delle fondazioni

È possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite il pulsante corrispondente per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un pilota e selezionando Visualizza tutte le verifiche del pilota, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare pilota.



### Modulo Verifiche delle fondazioni

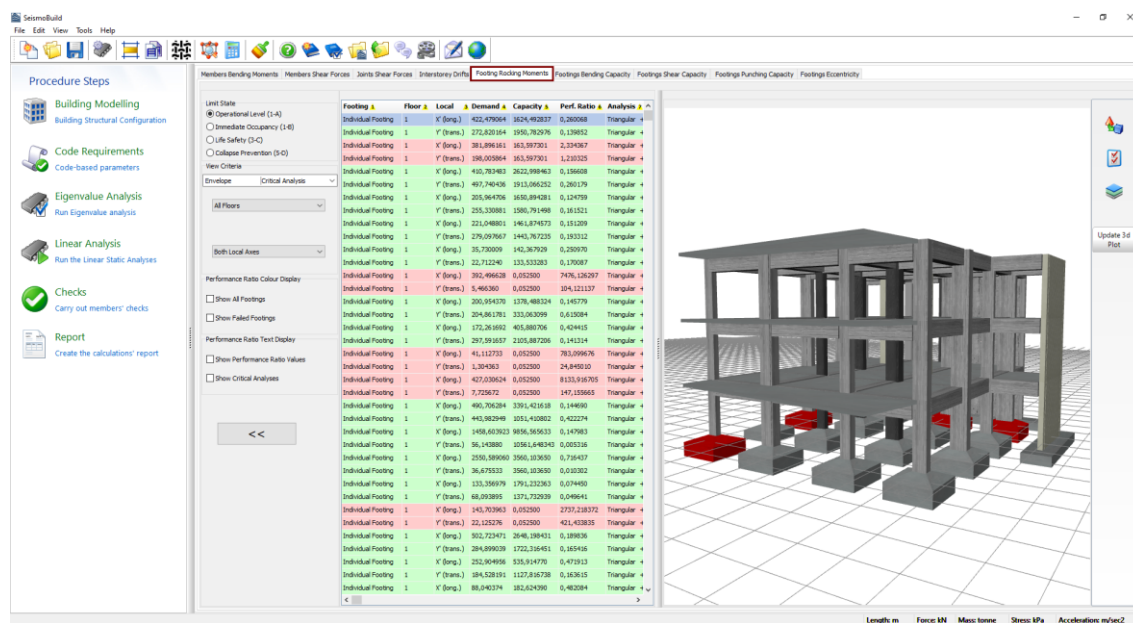
E' disponibile una descrizione più dettagliata sulle verifiche della capacità di scorrimento delle fondazioni e sulle equazioni utilizzate in SeismoBuild nella sezione Forze di scorrimento delle fondazioni della rispettiva appendice.

## CAPACITÀ A MOMENTO DI ROCKING DELLE FONDAZIONI (ASCE 41-23 & TBDY)

In questo modulo è possibile visualizzare i risultati delle verifiche di capacità a momento di rocking per i pilati e le travi di fondazione, secondo la normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o Obiettivo Prestazionale, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono il tipo di analisi, il piano e l'asse locale. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti Normativi. Inoltre nel menu a tendina per la selezione dell'analisi oltre alle analisi eseguite c'è un'opzione chiamata Analisi Critica, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi.



Gli elementi che hanno superato la loro capacità di momento di rocking sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nel formato vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti prestazionali delle fondazioni o l'analisi critica di ciascun plinto sul grafico 3D, oppure di visualizzare le fondazioni con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto prestazionale per lo stato limite selezionato.



### Modulo capacità momento a momento di rocking delle fondazioni

È possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite l'apposito pulsante per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un plinto e selezionando Visualizza tutte le verifiche del plinto, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare plinto.

Code-Based Checks for Individual Footing IF7 of floor 1

Footings Rocking Moments   Footing Bending Capacity   Footing Shear Capacity   Footing Punching Capacity   Footing Eccentricity

Limit State  
☒ Operational Level (1-A)   
 ☐ Immediate Occupancy (1-B)   
 ☐ Life Safety (3-C)   
 ☐ Collapse Prevention (5-D)

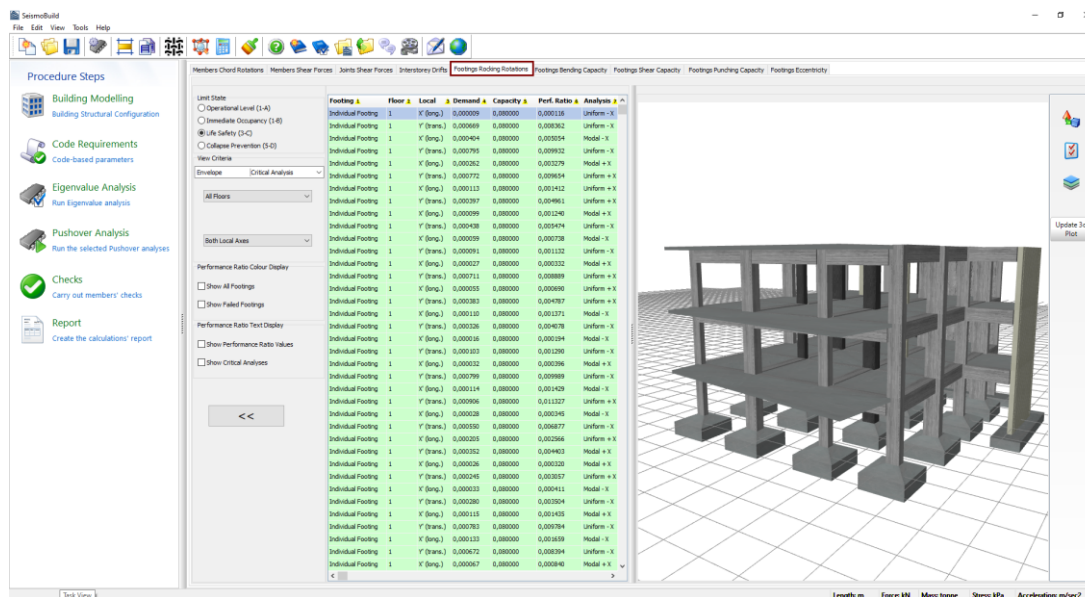
Analysis	Local Axis	Value	Capacity	Perf. Ratio
Envelope	X' (long.)	237,632678	1940,860409	0,122437
Envelope	Y' (trans.)	137,054088	1197,471813	0,114453
Triangular + X + eccY	X' (long.)	191,131929	1947,304323	0,098152
Triangular + X + eccY	Y' (trans.)	19,296340	1947,304323	0,009909
Triangular + X - eccY	X' (long.)	237,632678	1940,860409	0,122437
Triangular + X - eccY	Y' (trans.)	17,019614	1940,860409	0,008769
Triangular + Y + eccX	X' (long.)	37,603392	1191,304147	0,031565
Triangular + Y + eccX	Y' (trans.)	134,875147	1191,304147	0,113216
Triangular + Y - eccX	X' (long.)	82,103707	1197,471813	0,068564
Triangular + Y - eccX	Y' (trans.)	137,054088	1197,471813	0,114453

### Modulo Verifiche delle fondazioni

E' disponibile una descrizione più dettagliata sulle verifiche di capacità del momento di rocking delle fondazioni e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild nella sezione Capacità del momento di rocking delle fondazioni della rispettiva appendice.

## CAPACITÀ DI ROTAZIONE DI ROCKING DELLE FONDAZIONI (ASCE 41-23 & TBDY)

In questo modulo è possibile visualizzare i risultati delle verifiche di capacità di rotazione di rocking per i plinti e per le travi di fondazione, secondo la normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o Obiettivo Prestazionale, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono il tipo di analisi, il piano e l'asse locale. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti Normativi. Inoltre nel menu a tendina per la selezione dell'analisi oltre alle analisi eseguite c'è un'opzione chiamata Analisi Critica, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità di rotazione di rocking sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nel formato vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti prestazionali delle fondazioni o l'analisi critica di ciascun plinto sul grafico 3D, oppure di visualizzare le fondazioni con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto prestazionale per lo stato limite selezionato.



### Modulo capacità di rotazione di rocking delle fondazioni

È possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite l'apposito pulsante per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un plinto e selezionando Visualizza tutte le verifiche del plinto, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare plinto.

Code-Based Checks for Individual Footing IF4 of floor 1

Footings Rocking Rotations | **Footing Bending Capacity** | Footing Shear Capacity | Footing Punching Capacity | Footing Eccentricity

Limit State  
☐ Operational Level (1-A)   
☐ Immediate Occupancy (1-B)   
☒ Life Safety (3-C)   
☐ Collapse Prevention (5-D)

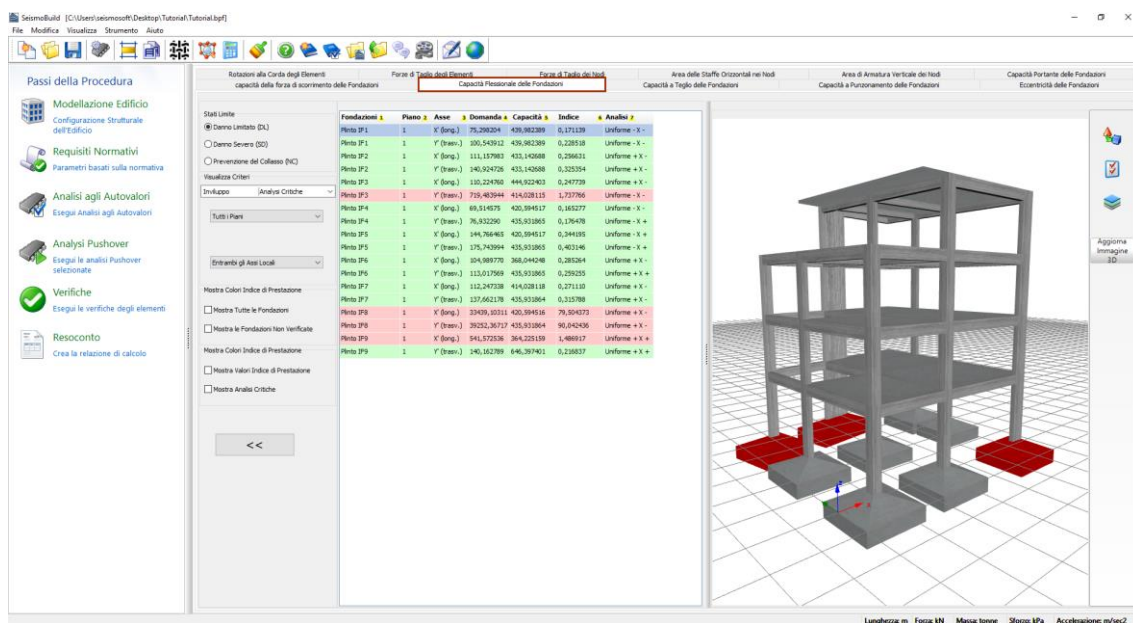
Analysis	Local Axis	Demand	Capacity	Perf. Ratio
Envelope	X' (long.)	0,000115	0,080000	0,001435
Envelope	Y' (trans.)	0,000783	0,080000	0,009784
Uniform + X	X' (long.)	0,000093	0,080000	0,001166
Uniform + X	Y' (trans.)	0,000772	0,080000	0,009649
Uniform - X	X' (long.)	0,000063	0,080000	0,000790
Uniform - X	Y' (trans.)	0,000783	0,080000	0,009784
Modal + X	X' (long.)	0,000115	0,080000	0,001435
Modal + X	Y' (trans.)	0,000742	0,080000	0,009272
Modal - X	X' (long.)	0,000078	0,080000	0,000980
Modal - X	Y' (trans.)	0,000734	0,080000	0,009178

### Modulo Verifiche delle fondazioni

E' disponibile una descrizione più dettagliata sulle verifiche di capacità di rotazione di rocking delle fondazioni e delle equazioni utilizzate in SeismoBuild nella sezione Capacità di rotazione di rocking delle fondazioni della rispettiva appendice.

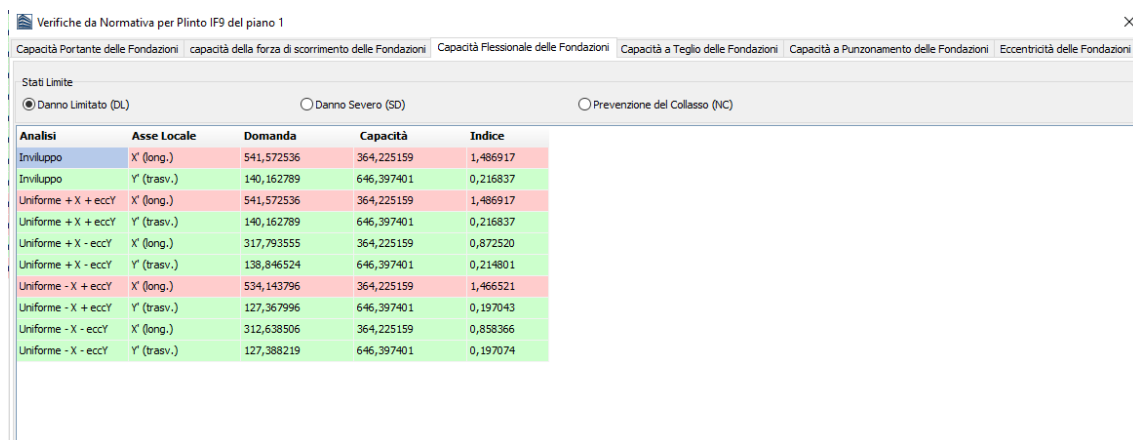
### CAPACITÀ A FLESSIONE DELLE FONDAZIONI

In questo modulo è possibile visualizzare i risultati delle verifiche di capacità a flessione per i plinti e per le travi di fondazione, secondo la normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o Obiettivo Prestazionale, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono il tipo di analisi, il piano e l'asse locale. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti Normativi. Inoltre nel menu a tendina per la selezione dell'analisi oltre alle analisi eseguite c'è un'opzione chiamata Analisi Critica, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità a flessione sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nel formato vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti prestazionali delle fondazioni o l'analisi critica di ciascun plinto sul grafico 3D, oppure di visualizzare le fondazioni con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto prestazionale per lo stato limite selezionato.



### Modulo capacità a flessione delle fondazioni

È possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite il pulsante corrispondente per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un plinto e selezionando Visualizza tutte le verifiche del plinto, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi di quel particolare plinto.



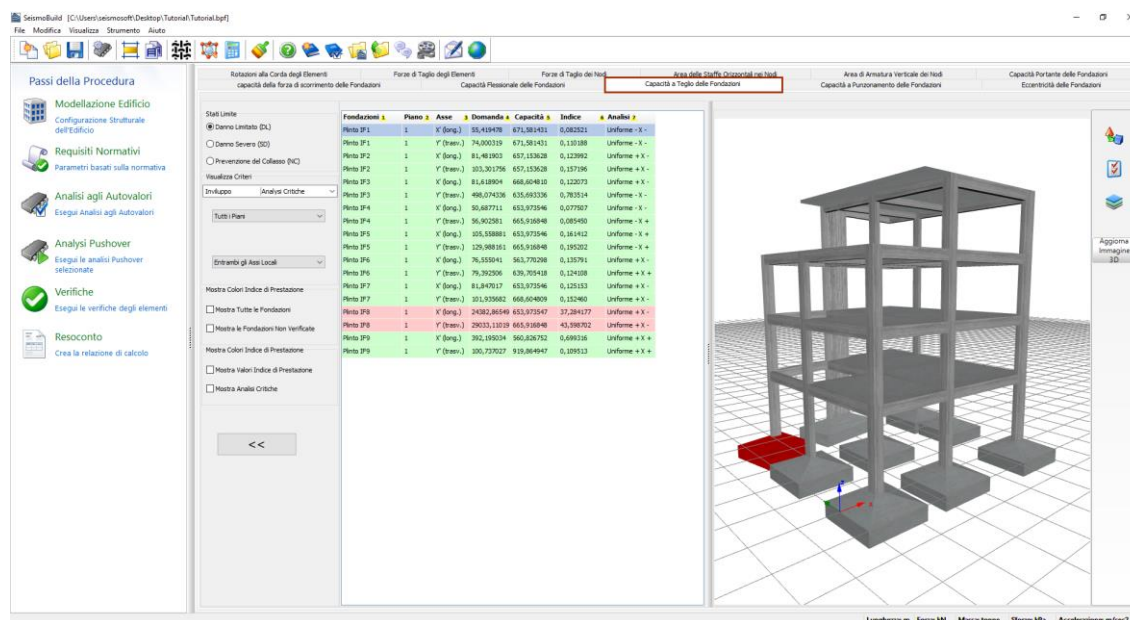
### Modulo Verifiche delle fondazioni

E' disponibile una descrizione più dettagliata sulle verifiche di capacità di flessione delle fondazioni e sulle equazioni utilizzate in SeismoBuild nella sezione Capacità di flessione delle fondazioni della rispettiva appendice.

## CAPACITÀ A TAGLIO DELLE FONDAZIONI

In questo modulo è possibile visualizzare i risultati delle verifiche della capacità a taglio per i plinti e per le travi di fondazione, secondo la normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o Obiettivo Prestazionale, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono il tipo di analisi, il piano e l'asse locale. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti Normativi. Inoltre nel menu a tendina per la selezione dell'analisi oltre alle analisi eseguite c'è un'opzione chiamata Analisi Critica, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi.

Gli elementi che hanno superato la loro capacità di taglio sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nel formato vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti prestazionali delle fondazioni o l'analisi critica di ciascun plinto sul grafico 3D, oppure di visualizzare le fondazioni con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto prestazionale per lo stato limite selezionato.



### Modulo capacità a taglio delle fondazioni

È possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite l'apposito pulsante per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un plinto e selezionando Visualizza tutti le verifiche del plinto, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare plinto.

Verifiche da Normativa per Plinto IF9 del piano 1

Analisi	Asse Locale	Domanda	Capacità	Indice
Involuppo	X' (long.)	392,195034	560,826752	0,699316
Involuppo	Y' (trasv.)	100,737027	919,864947	0,109513
Uniforme + X + eccY	X' (long.)	392,195034	560,826752	0,699316
Uniforme + X + eccY	Y' (trasv.)	100,737027	919,864947	0,109513
Uniforme - X - eccY	X' (long.)	230,139170	560,826752	0,410357
Uniforme + X - eccY	Y' (trasv.)	99,791009	919,864947	0,108484
Uniforme - X + eccY	X' (long.)	386,815303	560,826752	0,689723
Uniforme - X + eccY	Y' (trasv.)	91,541224	919,864947	0,099516
Uniforme - X - eccY	X' (long.)	226,405996	560,826752	0,403700
Uniforme - X - eccY	Y' (trasv.)	91,555758	919,864947	0,099532

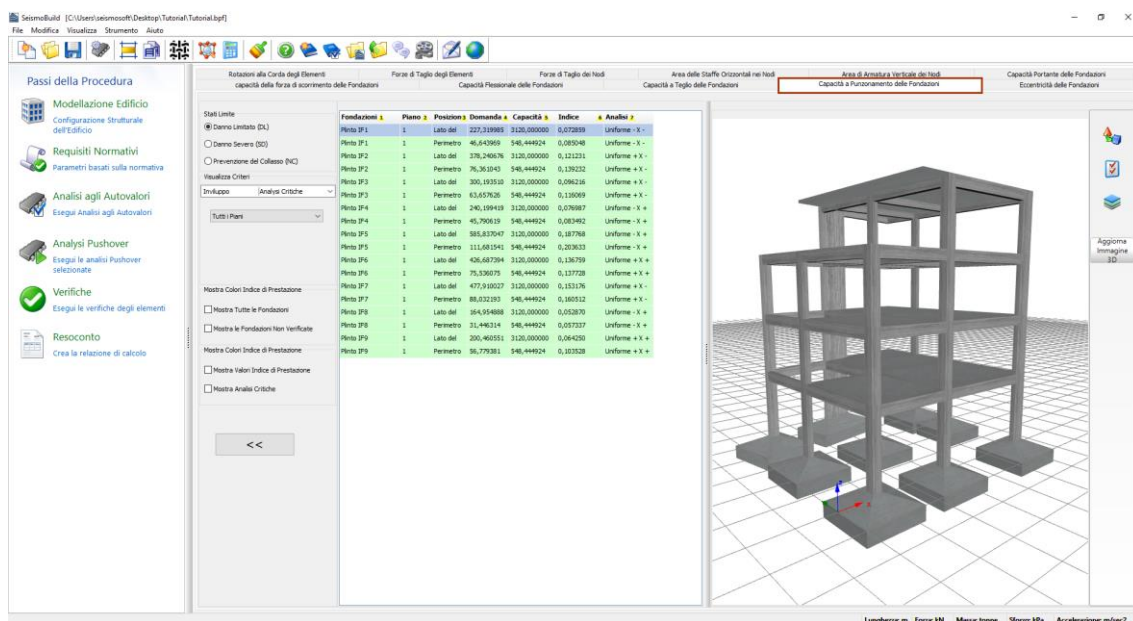
### Modulo Verifiche delle fondazioni

E' disponibile una descrizione più dettagliata sulle verifiche della capacità a taglio delle fondazioni e sulle equazioni utilizzate in SeismoBuild nella sezione Capacità a taglio delle fondazioni della rispettiva appendice.



## CAPACITÀ A PUNZONAMENTO DELLE FONDAZIONI

In questo modulo è possibile visualizzare i risultati delle verifiche della capacità a punzonamento per i plinti e per le travi di fondazione, secondo la normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o Obiettivo Prestazionale, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono il tipo di analisi, il piano e l'asse locale. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti Normativi. Inoltre, nel menu a tendina per la selezione dell'analisi oltre alle analisi eseguite c'è un'opzione chiamata Analisi Critica, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato la loro capacità di punzonatura sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nel formato vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti prestazionali delle fondazioni o l'analisi critica di ciascun plinto sul grafico 3D, oppure di visualizzare le fondazioni con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto prestazionale per lo stato limite selezionato.



### Modulo Capacità a Punzonatura delle Fondazioni

È possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite il pulsante corrispondente per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un plinto e selezionando Visualizza tutte le verifiche del plinto, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare plinto.

Verifiche da Normativa per Plinto IF9 del piano 1

Capacità Portante delle Fondazioni					
capacità della forza di scorrimento delle Fondazioni					
Capacità Flessionale delle Fondazioni					
Capacità a Teglio delle Fondazioni					
Capacità a Punzonamento delle Fondazioni					
Eccentricità delle Fondazioni					
Stati Limite					
<input checked="" type="radio"/> Danno Limitato (DL) <input type="radio"/> Danno Severo (SD) <input type="radio"/> Prevenzione del Collasso (NC)					
Analisi	Posizione	Domanda	Capacità	Indice	
Involuppo	Lato del Pilastro	200,460551	3120,000000	0,064250	
Involuppo	Perimetro di base	56,779381	548,444924	0,103528	
Uniforme + X + eccY	Lato del Pilastro	200,460551	3120,000000	0,064250	
Uniforme + X + eccY	Perimetro di base	56,779381	548,444924	0,103528	
Uniforme + X - eccY	Lato del Pilastro	198,269256	3120,000000	0,063548	
Uniforme + X - eccY	Perimetro di base	56,158709	548,444924	0,102396	
Uniforme - X + eccY	Lato del Pilastro	187,250615	3120,000000	0,060016	
Uniforme - X + eccY	Perimetro di base	53,037738	548,444924	0,096706	
Uniforme - X - eccY	Lato del Pilastro	186,989565	3120,000000	0,059933	
Uniforme - X - eccY	Perimetro di base	52,963796	548,444924	0,096571	

### Modulo Verifiche delle fondazioni

E' disponibile una descrizione più dettagliata sulle verifiche di capacità di punzonamento delle fondazioni e sulle equazioni utilizzate in SeismoBuild nella sezione Capacità di punzonamento delle fondazioni della rispettiva appendice.

## ECCENTRICITÀ DELLE FONDAZIONI

In questo modulo è possibile visualizzare i risultati delle verifiche dell'eccentricità per i plinti e per le travi di fondazione, secondo la normativa selezionata. Gli utenti possono selezionare per quale Stato Limite, o Obiettivo Prestazionale, visualizzare i risultati e scegliere i filtri, che includono il tipo di analisi, il piano e l'asse locale. Gli stati limite disponibili sono quelli già selezionati nel modulo Stati Limite in Requisiti Normativi. Inoltre nel menu a tendina per la selezione dell'analisi oltre alle analisi eseguite c'è un'opzione chiamata Analisi Critica, che è l'involuppo dei risultati di tutte le analisi. Gli elementi che hanno superato l'eccentricità di carico accettabile secondo il Codice selezionato sono contrassegnati in rosso sia nella vista tabellare che nel formato vista 3D, mentre sono disponibili diverse opzioni di visualizzazione. Ad esempio, gli utenti possono scegliere di visualizzare i rapporti prestazionali delle fondazioni o l'analisi critica di ciascun plinto sul grafico 3D, oppure di visualizzare le fondazioni con colori diversi, a seconda del valore del loro rapporto prestazionale per lo stato limite selezionato.

The screenshot displays the SeismoBuild software interface for the 'Eccentricità delle Fondazioni' (Foundation Eccentricity) module. The interface is divided into several sections:

- Passi della Procedura (Procedure Steps):** A sidebar on the left with icons for 'Modellazione Edificio', 'Requisiti Normativi', 'Analisi agli Autovalori', 'Analisi Pushover', 'Verifiche', and 'Ricostruzione'.
- Stati Limite (Limit States):** A section with radio buttons for 'Stato Limite (SL)', 'Obiettivo Prestazionale (OP)', and 'Prevenzione del Collasso (PC)'. Below it, a dropdown menu for 'Visualizza Criteri' (Display Criteria) is set to 'Involuppo' (Envelope).
- Tabella dei Risultati (Results Table):** A table with columns: 'Fondazione', 'Piano', 'Domanda', 'Capacità', 'Indice', and 'Analisi'. The table lists data for various foundations (P1 to P9) across different floors (Piano 1 to Piano 9). Foundations P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, and P9 are listed. The 'Analisi' column shows 'Uniforme - X -' for most, and 'Uniforme - X -' for P9.
- Visualizzazione 3D (3D Visualization):** A 3D model of a building structure with foundations highlighted in red, indicating they have passed the eccentricity check.
- Controlli (Controls):** A section with checkboxes for 'Mostra Colori Indice di Prestazione' (Show Performance Index Colors), 'Mostra le Fondazioni Non Verificate' (Show Non-Verified Foundations), 'Mostra Valori Indice di Prestazione' (Show Performance Index Values), and 'Mostra Analisi Critiche' (Show Critical Analysis).
- Footer:** A status bar at the bottom showing units: 'Lunghezza: m', 'Forza: kN', 'Masse: tonne', 'Stress: kPa', and 'Accelerazione: m/sec2'.

### Modulo Eccentricità delle Fondazioni

È possibile nascondere la tabella di inserimento dati tramite il pulsante corrispondente per visualizzare il rendering 3D del modello strutturale in modalità 'tutto schermo'. Facendo clic con il tasto destro su un plinto e selezionando Visualizza tutte le verifiche del plinto, viene visualizzata una finestra con le verifiche per tutte le analisi per quel particolare plinto.

Verifiche da Normativa per Plinto IF9 del piano 1

Capacità Portante delle Fondazioni | capacità della forza di scorrimento delle Fondazioni | Capacità Flessionale delle Fondazioni | Capacità a Toglio delle Fondazioni | Capacità a Punzonamento delle Fondazioni | Eccentricità delle Fondazioni

Stati Limite

☒ Danno Limitato (DL) ☐ Danno Severo (SD) ☐ Prevenzione del Collasso (NC)

Analisi	Domanda	Capacità	Indice Prestaz.
Involuppo	0,181685	0,111111	1,635164
Uniforme + X + eccY	0,178532	0,111111	1,606792
Uniforme + X - eccY	0,136323	0,111111	1,226903
Uniforme - X + eccY	0,181685	0,111111	1,635164
Uniforme - X - eccY	0,139991	0,111111	1,259919

Modulo Verifiche delle fondazioni

E' disponibile una descrizione più dettagliata sulle verifiche dell'eccentricità delle fondazioni e sulle equazioni utilizzate in SeismoBuild nella sezione Eccentricità delle fondazioni della rispettiva appendice.



# Relazione

Dopo aver eseguito tutte le analisi, e svolto le opportune verifiche prescritte dalla normativa, è possibile preparare una relazione tecnica, attraverso il modulo *Relazione* disponibile nella Finestra Principale del programma. Una volta premuto il pulsante *Relazione*, apparirà una finestra di dialogo in cui gli utenti possono stabilire quali informazioni saranno incluse nel rapporto. Le schede disponibili sono elencate qui sotto e saranno descritte nei paragrafi seguenti:

- Informazioni Generali
- Elementi
- Nodi Trave-Pilastro
- Calcoli Dettagliati (appendice)

## INFORMAZIONI GENERALI

Nella scheda Informazioni Generali gli utenti possono stabilire quali saranno le informazioni generali che dovranno essere incluse nella relazione. Si può anche decidere di non estrarre alcuna informazione generale, disabilitando la casella *Esporta Informazioni Generali*.

The screenshot shows the 'Opzioni di Stampa' (Print Options) dialog box with the 'Informazioni Generali' (General Information) tab selected. The dialog has a title bar with a close button (X) and a tab bar with five tabs: 'Informazioni Generali', 'Elementi', 'Nodi Trave-Pilastro', 'Fondazione', and 'Calcoli Dettagliati (Allegato)'. The main content area is divided into several sections:

- Esporta Informazioni Generali:** A checked checkbox.
- Informazioni Preliminari:** A group box containing several checked checkboxes: 'Descrizione Tecnica dell'Edificio', 'Informazioni sul software agli Elementi Finiti', 'Obiettivi della Riabilitazione', 'Informazioni sulla Valutazione Strutturale e Fattore di Conoscenza', 'Modello strutturale', 'Modello Numerico', 'Tipologie di Analisi', 'Descrizione dei Modelli di Capacità', and 'Ipotesi di Base'. There are also buttons for 'Modifica Testo ...' and 'Viste 3D ...'.
- Informazioni sugli autovalori:** A group box containing a checked checkbox 'Analisi agli Autovalori' and a 'Viste 3D ...' button.
- Informazioni sullo Spostamento Target...** A group box containing a checked checkbox 'Calcoli dello Spostamento Target'.
- ...per le Analisi Pushover:** A sub-section containing a button 'Tutte le Analisi Pushover' and a 'Seleziona Analisi' button.
- ...e Stati Limite:** A sub-section containing three checked checkboxes: 'Danno Limitato', 'Danno Severo', and 'Prevenzione del Collasso'.

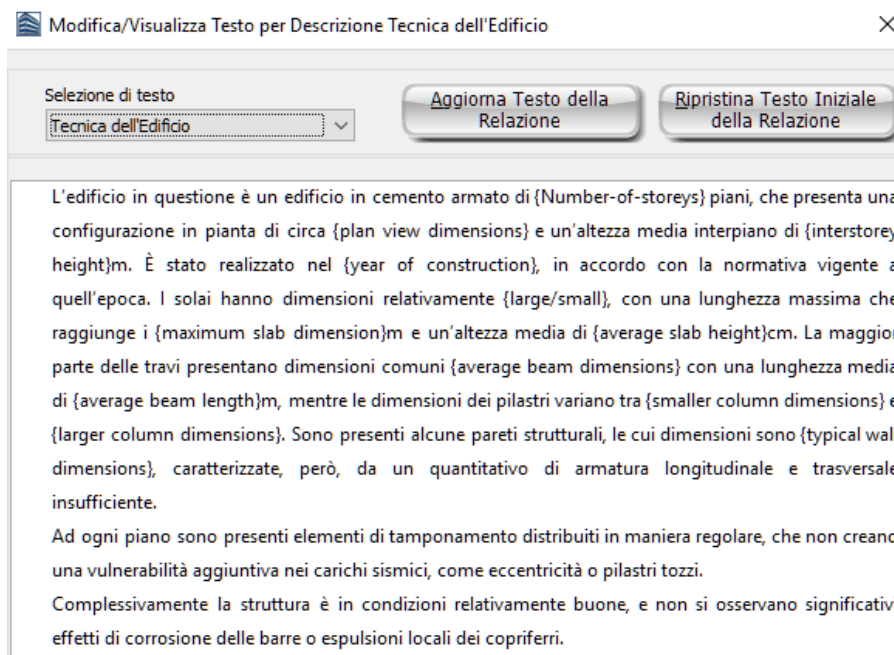
At the bottom of the dialog are 'Ok' and 'Cancella' buttons. Below the dialog box, the text 'Numero stimato di pagine: 347' is visible.

### Scheda Informazioni Generali

## Informazioni Preliminari

In questa parte della scheda devono essere specificate le informazioni relative al programma e le Normative che saranno incluse nella relazione.

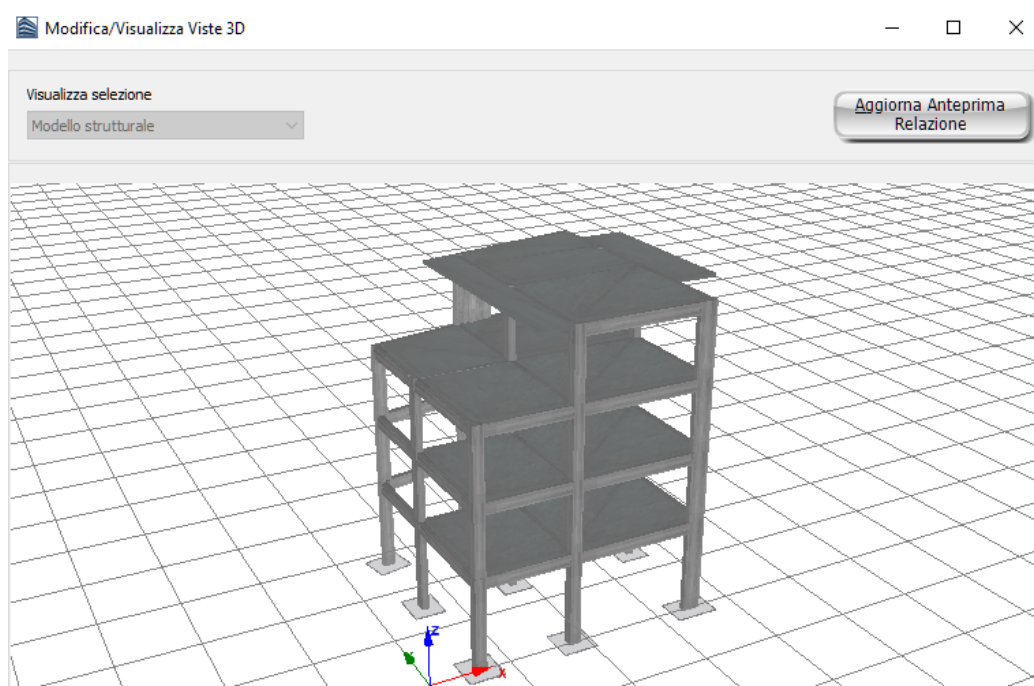
Uno sforzo è stato fatto per includere, di default, le informazioni necessarie nel caso delle strutture più comuni, ma ci sono anche numerose opzioni, tra cui l'utente può scegliere, con i dati da inserire nella relazione. Inoltre, selezionando i relativi pulsanti *Modifica Testo...*, appariranno dei testi predefiniti che forniscono alcune linee guida per la descrizione tecnica della struttura e del software, e che possono essere parzialmente o totalmente modificati secondo le esigenze e le preferenze degli utenti.



### Visualizza/Modifica Testo per la Descrizione Tecnica dell'Edificio

Tutte le informazioni sul programma e sulle normative, come gli obiettivi per la riabilitazione, la valutazione strutturale, i livelli di conoscenza, le tipologie di analisi e i modelli di capacità per la valutazione e le verifiche, nonché il modello numerico e le ipotesi di base, sono predefiniti oppure vengono assegnati automaticamente e possono essere esportati nella relazione tecnica selezionando la casella corrispondente.

Le viste prospettiche del modello tridimensionale della struttura, esportate nella relazione tecnica, possono essere modificate premendo il pulsante *Aggiorna Vista Relazione* nella finestra 'Visualizza/Modifica Viste 3D', accessibile dai pulsanti *Viste 3D...*

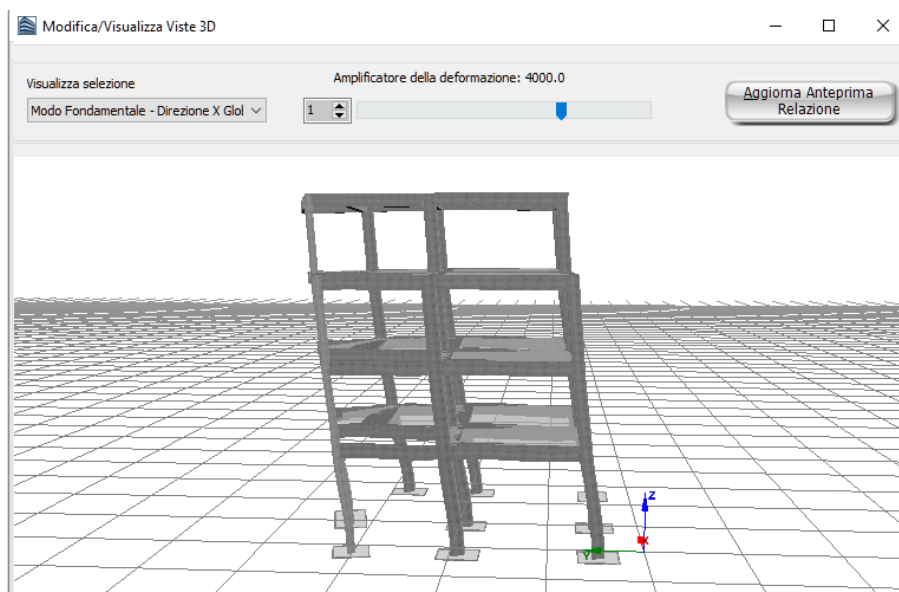


**Modifica/Visualizza Viste 3D**

**NOTA:** Gli utenti possono anche modificare il testo della relazione tecnica se la esportano in formato \*.rtf o \*.html. L'opzione di selezione del formato del file è disponibile nella finestra dell'Anteprima.

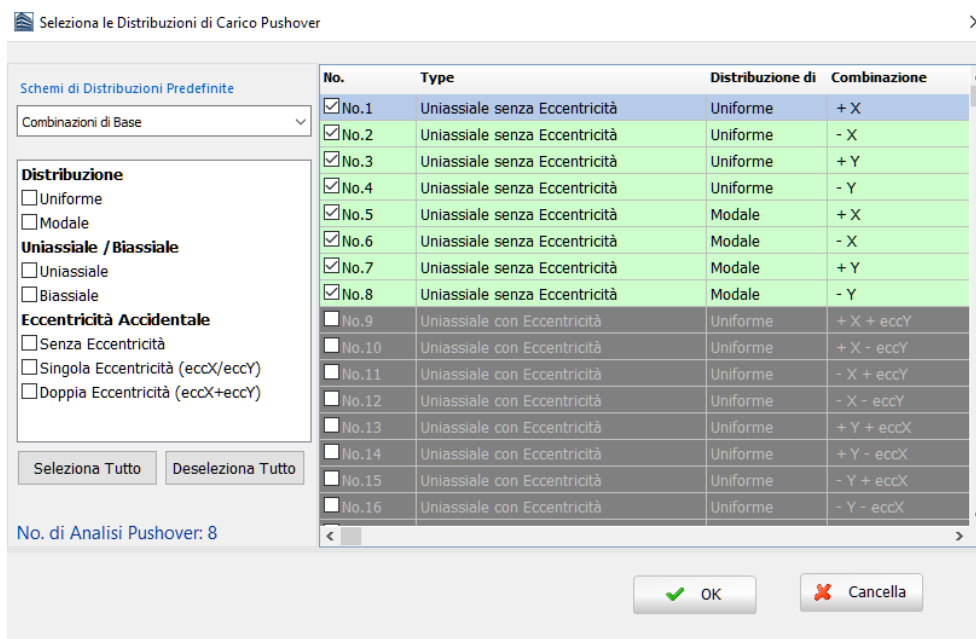
### Informazioni sull'Analisi agli Autovalori

In questa scheda viene data la possibilità di includere i risultati dell'analisi agli autovalori nella relazione tecnica. I risultati dell'analisi agli autovalori che verranno esportati sono il periodo/la frequenza naturale di vibrazione per ciascun modo, i fattori di partecipazione modale, le masse modali effettive e le loro percentuali, così come due figure per i periodi fondamentali lungo le direzioni principali dell'edificio X e Y. Gli utenti possono modificare la vista prospettica di queste figure attraverso il pulsante *Viste 3D...*, in cui è presente anche un amplificatore di scala che permette di modificare la scale delle deformazioni dell'immagine 3D.

**Modifica/Visualizza Viste 3D**

### Informazioni sullo Spostamento Target o Analisi Dinamica

Quando è selezionata la procedura statica non lineare, nella relazione può anche essere esportata la curva di capacità dell'edificio (prima e dopo la bilinearizzazione) relativa all'analisi pushover selezionata, così come lo spostamento target per gli stati limite selezionati. Una descrizione dettagliata sui calcoli dello Spostamento Target è disponibile nell'appendice corrispondente alla normativa selezionata (Appendice A.1 - EUROCODICI, Appendice A.2 - ASCE, Appendice A.3 - NTC-18, Appendice A.4 - KANEPE e Appendice A.5 - TBDY). Gli utenti possono definire per quale analisi verranno esportate le informazioni sullo spostamento target, così come per quale stato limite. L'opzione predefinita è quella di esportare le informazioni per tutte le analisi che sono state eseguite e per tutti gli stati limite.

**Modulo per la selezione delle distribuzioni di carico dell'analisi pushover**

Nel caso di procedura dinamica non lineare, possono essere esportati nella relazione gli accelerogrammi artificiali per l'analisi dinamica selezionata negli assi X e Y, nonché gli spettri di risposta equivalenti per gli stati limite selezionati. Gli utenti possono definire per quali analisi esportare le informazioni sugli accelerogrammi artificiali e per quali stati limite. La selezione predefinita è esportare le informazioni per tutte le analisi eseguite e per tutti gli stati limite.

Seleziona Accelerogrammi Artificiali

Numero Accelerogramma

- ☒ No.1
- ☒ No.2
- ☒ No.3
- ☒ No.4
- ☒ No.5
- ☒ No.6
- ☒ No.7

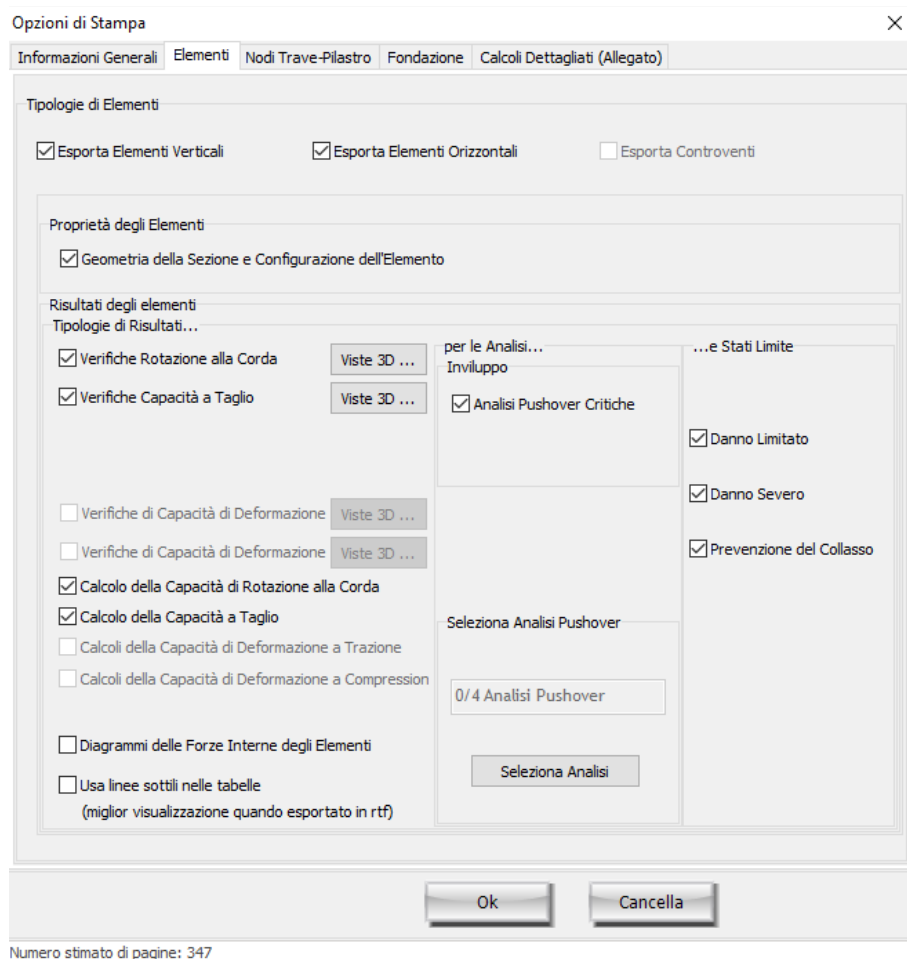
Seleziona tutto Deseleziona Tutto

No di Accelerogrammi Artificiali: 7

**Modulo di selezione degli accelerogrammi artificiali da esportare**

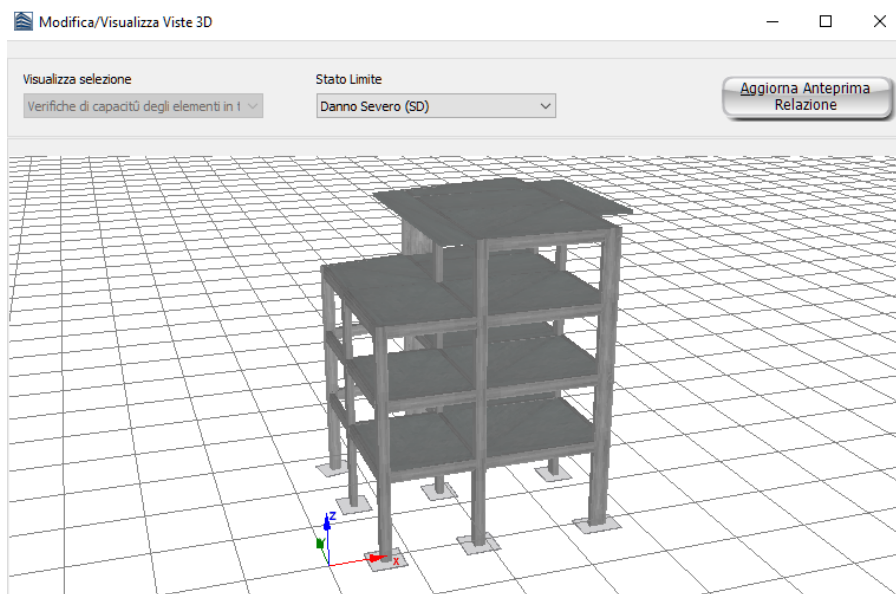
## ELEMENTI

Nella scheda *Elementi* gli utenti possono determinare le informazioni sulle verifiche degli elementi strutturali che verranno esportate nella relazione. Tramite opportune caselle, è possibile scegliere se esportare solamente gli elementi verticali od orizzontali o i controventi metallici, tutti gli elementi oppure nessun elemento.



### Scheda Elementi

Si prega di notare che il modulo è attivo solamente se sono state eseguite le verifiche di rotazione alla corda, di resistenza a taglio, deformazione degli elementi o dei controventi metallici. È anche possibile selezionare le proprietà degli elementi che si intende esportare. Inoltre, gli utenti possono scegliere i risultati degli elementi che verranno inclusi nella relazione tecnica, ossia quali risultati delle verifiche esportare, per quali analisi e per quali stati limite. È possibile selezionare l'involuppo delle analisi più critiche o i valori medi. Quest'ultima opzione è disponibile solo nella procedura dinamica non lineare. Si prega di notare che è possibile modificare la vista prospettica di queste figure attraverso il pulsante *Viste 3D...*, una volta selezionato il pulsante *Aggiorna Vista Relazione*.



**Modifica/Visualizza Viste 3D**

## **NODI TRAVE-PILASTRO**

Nella scheda *Nodi Trave-Pilastro* gli utenti possono determinare le informazioni relative alle verifiche dei nodi trave-pilastro che verranno esportate nella relazione. È anche possibile scegliere di non esportare alcuna informazione, disabilitando la casella *Esporta Nodi Trave-Pilastro*.

Opzioni di Stampa

Informazioni Generali | Elementi | **Nodi Trave-Pilastro** | Fondazione | Calcoli Dettagliati (Allegato)

☒ Esporta Nodi Trave-Colonna

Proprietà dei Nodi

☒ Geometria della Sezione e Configurazione del Nodo ☒ Proprietà Dettagliate

Risultati Nodi Trave-Pilastro

☒ Verifica dell'armatura verticale Viste 3D ...

Tipologie di Risultati...

☒ Verifica Capacità a Taglio Viste 3D ...

☒ Verifica Armatura Orizzontale Viste 3D ...

☒ Forze Applicate

☐ Usa linee sottili nelle tabelle  
(miglior visualizzazione quando esportato in rtf)

per le Analisi...  
Involuppo

☒ Analisi Pushover Critiche

...e Stati Limite

☒ Danno Limitato

☒ Danno Severo

☒ Prevenzione del Collasso

Seleziona Analisi Pushover

0/4 Analisi Pushover

Seleziona Analisi

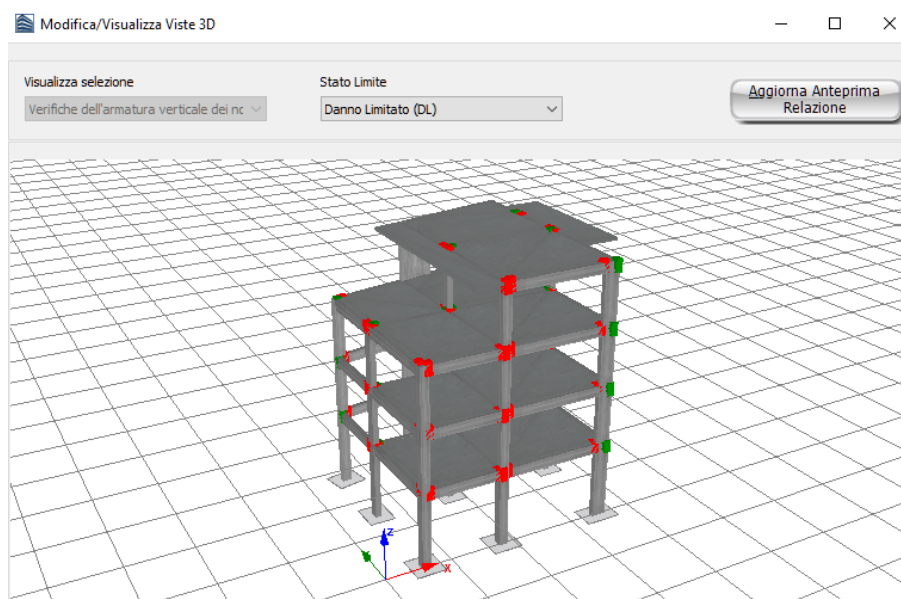
Ok Cancella

Numero stimato di pagine: 347

### Scheda Nodi Trave-Pilastro

Si evidenzia che il modulo è attivo solamente se sono state eseguite una o più verifiche riguardanti i nodi trave-pilastro. Gli utenti possono selezionare se esportare le informazioni semplici o dettagliate a proposito della geometria e della configurazione dei nodi. Si precisa, anche, che i risultati esportati per i nodi potrebbero essere differenti da una normativa all'altra. Na descrizione dettagliata delle verifiche dei nodi disponibili può essere trovata nella corrispondente appendice; Appendice A.1 - EUROCODICI, Appendice A.2 - ASCE, Appendice A.3 - NTC-18, Appendice A.4 - KANEPE e Appendice A.5 - TBDY. È possibile selezionare l'involuppo delle analisi più critiche o i valori medi. Quest'ultima opzione è disponibile solo nella procedura dinamica non lineare. Altrimenti è possibile selezionare specifiche analisi tramite il pulsante *Seleziona Analisi*. Infine, possono essere definiti anche gli stati limite per i quali si desidera esportare i risultati, così come le corrispondenti *Viste 3D*. Si prega di notare che è possibile modificare la vista prospettica di queste figure attraverso il pulsante *Viste 3D...*, una volta selezionato il pulsante *Aggiorna Vista Relazione*.





**Modifica/Visualizza Viste 3D**

## FONDAZIONI

Nel modulo Fondazioni l'utente può definire le informazioni riguardo le verifiche delle fondazioni da esportare nella relazione tecnica. È anche possibile non produrre alcuna informazione disabilitando le caselle “Esporta plinti di fondazione” e “Esporta travi rovesce”.

Opzioni di Stampa

Informazioni Generali | Elementi | Nodi Trave-Pilastro | **Fondazione** | Calcoli Dettagliati (Allegato)

Tipi della Fondazione

☒ Esportazione dei Plinti di Fondazione ☒ Esportazione di Travi di Fondazione  
☐ Export results for every Strip Footing segment (not only critical segment)

Proprietà della Fondazione

☒ Geometria della Sezione e Configurazione della Fondazione

Risultati della Fondazione

Tipologie di Risultati...

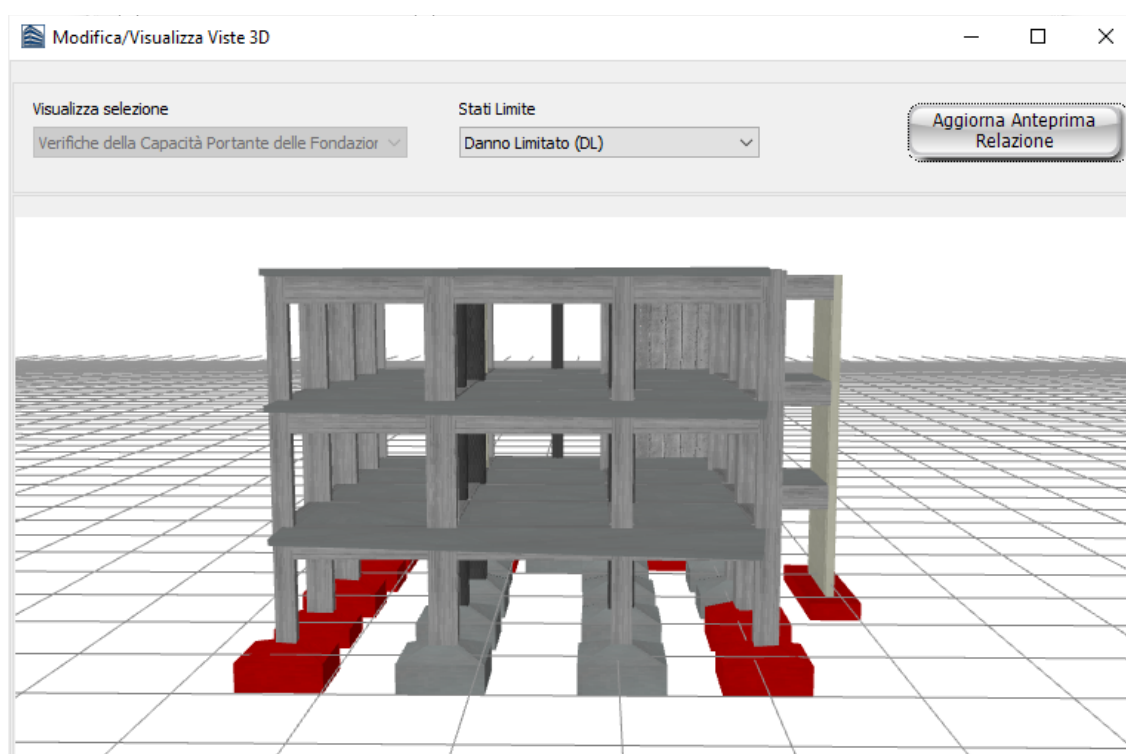
<input checked="" type="checkbox"/> Verifiche Capacità Portante	Viste 3D ...	per le Analisi... Involuppo <input checked="" type="checkbox"/> Analisi Pushover Critiche	...e Stati Limite <input checked="" type="checkbox"/> Danno Limitato <input checked="" type="checkbox"/> Danno Severo <input checked="" type="checkbox"/> Prevenzione del Collasso
<input checked="" type="checkbox"/> Verifiche Forze di Scorrimento	Viste 3D ...		
<input checked="" type="checkbox"/> Verifiche a Momento	Viste 3D ...		
<input checked="" type="checkbox"/> Verifiche a Taglio	Viste 3D ...		
<input checked="" type="checkbox"/> Verifiche di Eccentricità	Viste 3D ...		
<input checked="" type="checkbox"/> Verifiche a Punzonamento	Viste 3D ...		
<input checked="" type="checkbox"/> Calcoli Capacità Portante		Seleziona Analisi Pushover 0/4 Analisi Pushover Analisi Selezionate	
<input checked="" type="checkbox"/> Calcoli Forze di Scorrimento			
<input checked="" type="checkbox"/> Calcoli Momento			
<input checked="" type="checkbox"/> Calcoli Teglio			
<input checked="" type="checkbox"/> Calcoli Eccentricità			
<input checked="" type="checkbox"/> Calcoli Punzonamento			
<input type="checkbox"/> Usa linee sottili nelle tabelle (miglior visualizzazione quando esportato in rtf)			

Ok Cancell

Numero stimato di pagine: 347

### Scheda Fondazioni

Si noti che il modulo è attivo solo se sono state eseguite una o più verifiche sulle fondazioni. L'utente può scegliere se esportare solo informazioni semplici oppure dettagliate sulla geometria e sulla configurazione della fondazione. Si noti che i risultati esportati per la fondazione possono variare a seconda della Normativa selezionata. Nella relativa appendice è riportata una descrizione dettagliata sulle verifiche delle fondazioni disponibili; Appendice A.1 - EUROCODES, Appendice A.2 - ASCE, Appendice A.3 - NTC- 18, Appendice A.4 - KANEPE e Appendice A.5 - TBDY. È possibile selezionare l'involuppo delle analisi più critiche oppure la media. Quest'ultima è disponibile solo nel metodo di analisi dinamica non lineare. Altrimenti, è possibile selezionare analisi specifiche tramite il pulsante "Seleziona analisi". Infine, è possibile definire gli stati limite per i quali verranno esportati i risultati e le corrispondenti viste 3D. Si noti che la vista 3D viene modificata nel report una volta selezionato il pulsante "Aggiorna vista report".

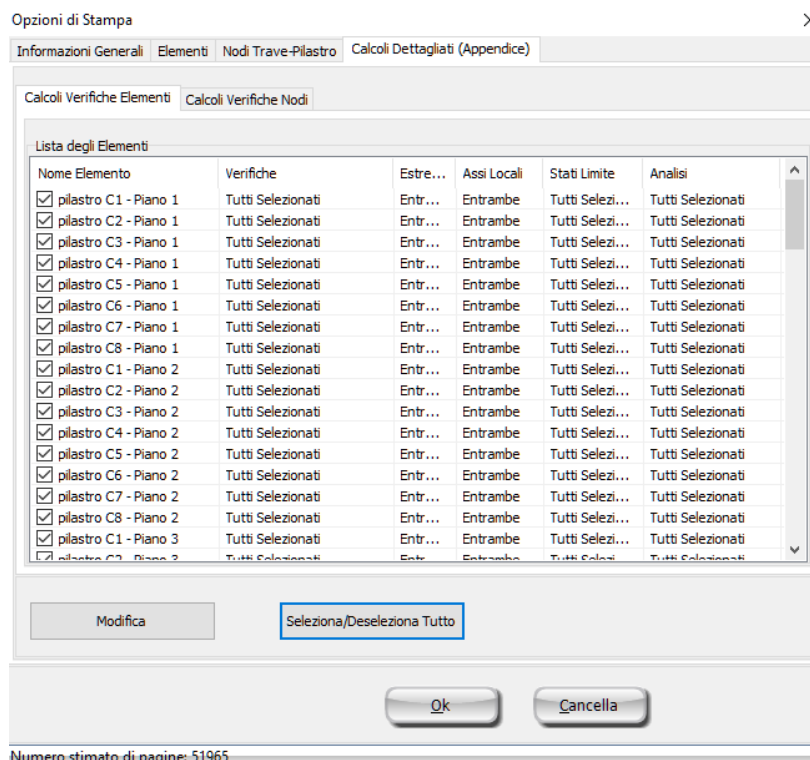


### MODIFICA/VISUALIZZA VISTA 3D CALCOLI DETTAGLIATI (APPENDICE)

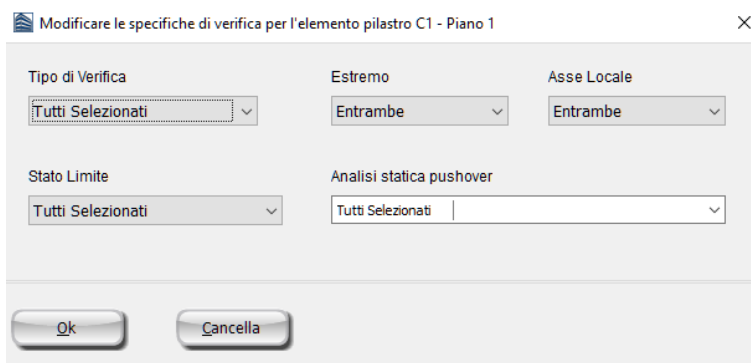
Nella scheda sui Calcoli Dettagliati (Appendice) gli utenti possono selezionare gli elementi e i nodi trave-pilastro per i quali si desidera esportare i calcoli dettagliati delle verifiche nella relazione tecnica. Questo modulo è disponibile solo per la procedura statica non lineare.

#### **Calcoli delle Verifiche degli Elementi**

I calcoli dettagliati delle verifiche degli elementi possono essere esportati nella relazione in accordo con le equazioni impiegate, disponibili nella corrispondente appendice della normativa selezionata ((Appendice A.1 - EUROCODICI, Appendice A.2 - ASCE, Appendice A.3 - NTC-18, Appendice A.4 - KANEPE e Appendice A.5 - TBDY). Gli utenti possono scegliere le informazioni da esportare per ciascun elemento, ossia per quale tipologia di verifica, estremo, asse di riferimento, stato limite e analisi pushover, selezionando l'elemento e premendo il pulsante *Modifica*. La selezione di default è di esportare tutti i calcoli delle verifiche degli elementi per gli elementi selezionati.



### Scheda sui Calcoli delle Verifiche degli Elementi



### Modifica Specifiche Verifiche per la scheda Elemento

#### Calcoli delle Verifiche dei Nodi

I calcoli dettagliati delle verifiche dei nodi possono essere esportati nella relazione in accordo con le equazioni impiegate, disponibili nella corrispondente appendice della normativa selezionata (Appendice A.1 - EUROCODICI, Appendice A.2 - ASCE, Appendice A.3 - NTC-18, Appendice A.4 - KANEPE e Appendice A.5 - TBDY). Gli utenti possono scegliere le informazioni da esportare per ciascun nodo, ossia per quale tipologia di verifica, stato limite e analisi pushover, selezionando il nodo e premendo il pulsante *Modifica*. La selezione di default è di esportare tutti i calcoli delle verifiche dei nodi per i nodi selezionati.

Opzioni di Stampa

Informazioni Generali | Elementi | Nodi Trave-Pilastro | Calcoli Dettagliati (Appendice)

Calcoli Verifiche Elementi | Calcoli Verifiche Nodi

Lista dei Nodi

Nome Nodo	Verifiche	Stato Limite	Analisi
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C1 - Trave B1 - pia...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C2 - Trave B1 - Tra...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C3 - Trave B2 - pia...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C5 - Trave B4 - Tra...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C6 - Trave B4 - pia...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C7 - Trave B5 - pia...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C8 - Trave B6 - pia...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C2 - Trave B10 - pi...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C5 - Trave B10 - Tr...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C3 - Trave B13 - pi...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C6 - Trave B13 - Tr...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C7 - Trave B14 - Tr...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C4 - Trave B3 - pia...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C1 - Trave B8 - pia...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C4 - Trave B8 - Tra...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C8 - Trave B9 - pia...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C1 - Trave B1 - pia...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati
<input checked="" type="checkbox"/> Pil. C2 - Trave B1 - Tra...	Tutti Selezionati	Tutti Selez...	Tutti Selezionati

Modifica | Selezione/Deselezione Tutto

Ok | Cancella

Numero stimato di pagine: 55735

Scheda sui Calcoli delle Verifiche dei Nodi

Modificare le specifiche di verifica per il nodo Pil. C1 - Trave B1 - piano 1

Tipo di Verifica

Tutti Selezionati

Stato Limite

Tutti Selezionati


Analisi statica pushover

Tutti Selezionati

Ok | Cancella

Modifica Specifiche Verifiche per la scheda Nodo

## FRP Designer

Uno speciale programma è stato introdotto in SeismoBuild ed è disponibile dal menu principale (Strumenti > FRP Designer) o tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . FRP Designer fornisce una soluzione efficiente per la progettazione del rinforzo in FRP di colonne e travi in cemento armato calcolando la resistenza degli elementi in cemento armato rinforzati con laminati in FRP.

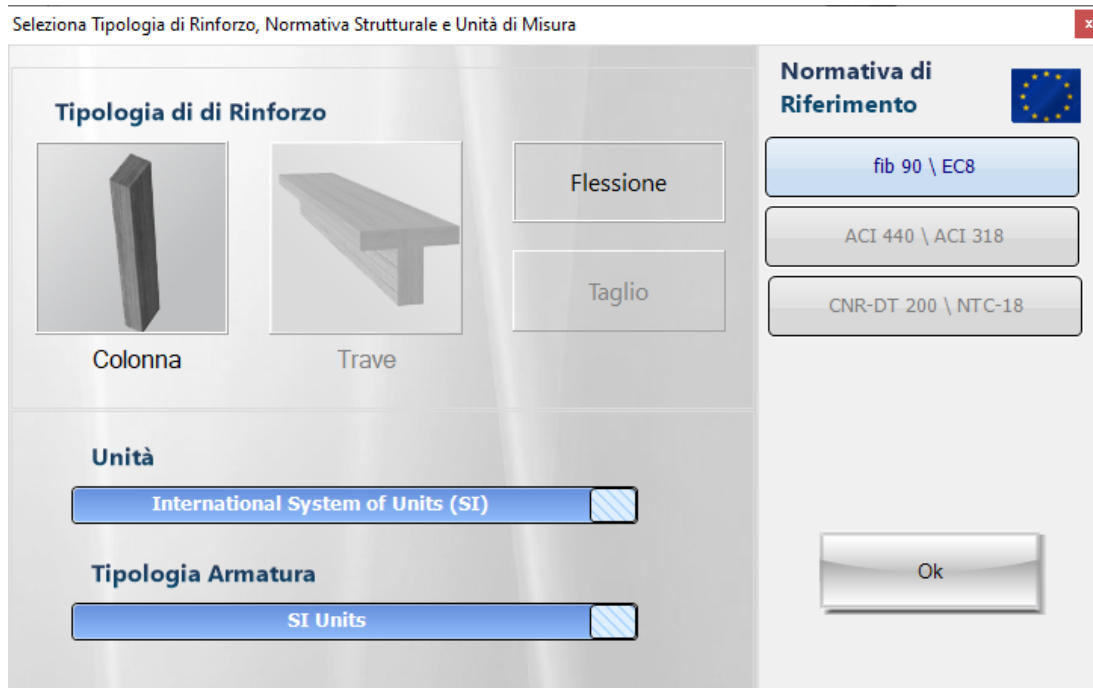
In particolare il software calcola la capacità di flessione e taglio degli elementi in cemento armato prima senza rinforzo in FRP, specificato dall'utente, e poi con rinforzo. In questo modo il software fornisce uno strumento per progettare il rinforzo di un elemento in cemento armato a flessione e taglio, oltre a valutare anche gli effetti di rinforzo forniti da vari tipi di laminati FRP.

Le proprietà degli elementi esistenti, come geometria, armatura, materiali, carichi e parametri relativi alla normativa, possono essere facilmente inseriti utilizzando un'interfaccia visiva intuitiva. Nel software è disponibile un'ampia varietà di laminati FRP disponibili in commercio, ma è anche possibile introdurre tipologie di FRP personalizzati. Anche i parametri associati all'avvolgimento FRP, come ad esempio il raggio degli angoli, il numero di strati FRP, ecc, possono essere facilmente introdotti nel programma.

La capacità di flessione e taglio di un elemento esistente con e senza rinforzo in FRP può essere facilmente calcolata secondo tre codici disponibili: l'Eurocodice 8 (Parte 3) e FIB 90, la norma americana ACI 440/ACI 318 e la norma italiana CNRT-DT 200 / NTC 18.

FRP Designer offre anche l'opportunità di creare un report completo dei calcoli di capacità degli elementi rinforzati.

Infine, e grazie alla sua piena integrazione con l'ambiente Windows, FRP Designer consente di copiare i risultati numerici e grafici su qualsiasi applicazione Windows (ad es. MS Excel, MS Word, ecc.).



Finestra di avvio del software FRP Designer

## Bibliografia

Abbasi V., Daudeville L., Kotronis P., Mazars J. [2004] "Using damage mechanics to model a four story RC framed structure submitted to earthquake loading," Proceedings of the Fifth International Conference on Fracture Mechanics of Concrete Structures, Vol. 2, pp. 823-830.

ACI 318-19 [2019] American Concrete Institute: Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary.

ACI 369.1-22 [2023] American Concrete Institute: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Concrete Buildings-Code and Commentary.

ACI 440.2R-17 [2017] American Concrete Institute: Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures.

Ahmad S.H., Shah S.P. [1982] "Stress-strain curves of concrete confined by spiral reinforcement," Journal of the American Concrete Institute, pp. 484-490.

Allotey N.K., El Naggar M.H. [2005a] "Cyclic Normal Force-Displacement Model for Nonlinear Soil-Structure Interaction Analysis: SeismoStruct Implementation," Research Report No. GEOT-02-05, Geotechnical Research Centre, Department of Civil & Environmental Engineering, University of Western Ontario, London, Ontario, Canada.

Allotey N.K., El Naggar M.H. [2005b] "Cyclic soil-structure interaction model for performance-based design," Proceedings of the Satellite Conference on Recent Developments in Earthquake Geotechnical Engineering, TC4 ISSMGE, Osaka, Japan.

Ameny P., Loov R.E., Shrive N.G. [1983] "Prediction of elastic behaviour of masonry," International Journal of Masonry Construction, Vol. 3, No. 1, pp. 1-9.

Annaki M., Lee K.L.L. [1977] "Equivalent uniform cycle concept for soil dynamics," Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 103, No. GT6, pp. 549-564.

ANSI/AISC 342-22 [2022] American Institute of Steel Construction: Seismic Provisions for Evaluation and Retrofit of Existing Structural Steel Buildings.

Anthes R.J. [1997] "Modified rainflow counting keeping the load sequence," International Journal of Fatigue, Vol. 19, No. 7, pp. 529-535.

Alemdar B.N., White D.W. [2005] "Displacement, flexibility, and mixed beam-column finite element formulations for distributed plasticity analysis," Journal of Structural Engineering, Vol. 131, No. 12, pp. 1811-1819.

Antoniou S., Rovithakis A., Pinho R. [2002] "Development and verification of a fully adaptive pushover procedure," Proceedings of the Twelfth European Conference on Earthquake Engineering, London, UK, Paper No. 822.

Antoniou S., Pinho R. [2004a] "Advantages and Limitations of Force-based Adaptive and Non-Adaptive Pushover Procedures," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 8, No. 4, pp. 497-522.

Antoniou S., Pinho R. [2004b] "Development and Verification of a Displacement-based Adaptive Pushover Procedure," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 8, No. 5, pp. 643-661.

ASCE 41-23 [2023] American Society of Civil Engineers: Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings.

Asteris P.G. [2003] "Lateral stiffness of brick masonry infilled plane frames," ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 129, No. 8, pp. 1071-1079.

- Asteris PG, Chrysostomou CZ, Giannopoulos IP, Smyrou E. Masonry infilled reinforced concrete frames with openings. In: COMPDYN 2011: 3rd international conference on computational methods in structural dynamics and earthquake engineering, Corfu, Greece; 26–28 May, 2011.
- Atkinson R.H., Amadei B.P., Saeb S., Sture S. [1989] "Response of masonry bed joints in direct shear," ASCE Journal of Structural Division, Vol. 115, No. 9, pp. 2276-2296.
- Auricchio F., Sacco E. [1997] "A superelastic shape-memory-alloy beam," Journal of Intelligent Materials and Structures, Vol. 8, pp. 489-501.
- Bathe K.J. [1996] "Finite Element Procedures in Engineering Analysis," 2nd Edition, Prentice Hall.
- Beyer, K., Dazio, A., and Priestley, M.J.N. [2008] "Seismic design of torsionally eccentric buildings with U-shaped RC walls," ROSE School, Pavia, Italy.
- Beyer, K., Dazio, A., and Priestley, M.J.N. [2008] "Inelastic Wide-Column Models for U-Shaped Reinforced Concrete Walls," Journal of Earthquake Engineering 12:Sp1, 1-33.
- Beyer, K., Dazio, A., and Priestley, M.J.N. [2008] "Elastic and inelastic wide-column models for RC non rectangular walls," Proceedings of the fortieth World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
- Benjamin S.T., Williams H.A. [1958] "The behaviour of one-storey brick shear walls," ASCE Journal of Structural Division, Vol. 84, No. ST4, pp. 30.
- Bento R., Pinho R., Bhatt C. [2008] "Nonlinear Static Procedures for the seismic assessment of the 3D irregular SPEAR building," Proceedings of the Workshop on Nonlinear Static Methods for Design/Assessment of 3D Structures, Lisbon, Portugal.
- Bernuzzi C., Zandonini R., Zanon P. [1996] "Experimental analysis and modelling of semi-rigid steel joints under cyclic reversal loading," Journal of Constructional Steel Research, Vol. 38, No. 2, pp. 95-123.
- Bertoldi S.H., Decanini L.D., Gavarini C. [1993] "Telai tamponati soggetti ad azione sismica, un modello semplificato: confronto sperimentale e numerico," (in Italian) Atti del 6° convegno nazionale ANIDIS, Vol. 2, pp. 815-824, Perugia, Italy.
- Bertoldi S.H., Decanini L.D., Santini S., Via G. [1994] "Analytical models in infilled frames," Proceedings of the Tenth European Conference on Earthquake Engineering, Vienna, Austria.
- Beyer K, Dazio A., Priestley M.J.N. [2008] "Inelastic wide-column models for U-shaped reinforced concrete wall," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 12, No. 1, pp. 1-33.
- Binda L., Fontana A., Frigerio G. [1988] "Mechanical behaviour of brick masonries derived from unit and mortar characteristics," Proceedings of the Eighth International Brick and Block Masonry Conference, Dublin, Ireland.
- Blandon, C.A. [2005] Implementation of an Infill Masonry Model for Seismic Assessment of Existing Buildings, Individual Study, European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (ROSE School), Pavia, Italy.
- Broderick B.M., Elnashai A.S., Izzuddin B.A. [1994] "Observations on the effect of numerical dissipation on the nonlinear dynamic response of structural systems," Engineering Structures, Vol. 16, No. 1, pp. 51-62.
- Calabrese A., Almeida J.P., Pinho R. [2010] "Numerical issues in distributed inelasticity modelling of RC frame elements for seismic analysis," Journal of Earthquake Engineering, Vol. 14, Special Issue 1, pp. 38-68.
- Casarotti C., Pinho R. [2006] "Seismic response of continuous span bridges through fibre-based finite element analysis," Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration, Vol. 5, No. 1, pp. 119-131.
- Casarotti C., Pinho R. [2007] "An Adaptive capacity spectrum method for assessment of bridges subjected to earthquake action," Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 5, No. 3, pp. 377-390.



CEB [1996] RC Frames under Earthquake Loading: State of the Art Report, - Comité Euro-International du Béton, Thomas Telford, London, England.

Celarec D., Dolšek M. [2012] "Practice-oriented probabilistic seismic performance assessment of infilled frames with consideration of shear failure of columns," *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, Vol. 43, No. 9, pp. 1339-1360.

CEN [2005] European Prestandard ENV 1998: Eurocode 8 - Design provisions for earthquake resistance of structures. Comité Européen de Normalisation, Brussels.

Chang, G.A., Mander, J.B. [1994] "Seismic Energy Based Fatigue Damage Analysis of Bridge Columns: Part 1 – Evaluation of Seismic Capacity," NCEER Technical Report No. NCEER-94-0006, State University of New York, Buffalo, N.Y.

Chege J.K., Matalanga N. [2000] "NDT Application in Structural Integrity Evaluation of Bomb Blast Affected Buildings," *Proceedings of the Fifteenth World Conference on Non-Destructive Testing*, Rome, Italy.

Chopra A.K. [1995] *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Prentice-Hall.

Chopra A.K. & Goel R.K. [2001] *A Modal Pushover Analysis Procedure to Estimate Seismic Demands for Buildings: Theory and Preliminary Evaluation*, Pacific Earthquake Engineering Research Center, Technical Report PEER No. 2001/03.

Clough R.W., Johnston S.B. [1966] "Effect of Stiffness Degradation on Earthquake Ductility Requirements" *Proceedings, Second Japan National Conference on Earthquake Engineering*, 1966, pp.227-232.

Clough R.W., Penzien J. [1994] *Dynamics of Structures*, 2nd Edition, McGraw Hill.

Constantinou, M.C., Tsopelas, P.C., Kasalanati, A., and Wolff, E. [1999], "Property Modification Factors for Seismic Isolation Bearings," *Report No. MCEER-990012*, Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, State University of New York, Buffalo, NY. Cook R.D., Malkus D.S., Plesha M.E. [1989] *Concepts and Applications of Finite Elements Analysis*, John Wiley & Sons.

Cook R.D., Malkus D.S., Plesha M.E. [1989] *Concepts and Applications of Finite Elements Analysis*, John Wiley & Sons.

Correia A.A., Virtuoso F.B.E. [2006] "Nonlinear Analysis of Space Frames," *Proceedings of the Third European Conference on Computational Mechanics: Solids, Structures and Coupled Problems in Engineering*, Mota Soares et al. (Eds.), Lisbon, Portugal.

Cremer C., Pecker A., Davenne L. [2002] "Modelling of non linear dynamic behaviour of a shallow foundation with macro - element," *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 6, No. 2, pp. 175-212.

Crisafulli F.J. [1997] *Seismic Behaviour of Reinforced Concrete Structures with Masonry Infills*, PhD Thesis, University of Canterbury, New Zealand.

Crisafulli F.J., Carr A.J., Park R. [2000] "Analytical modelling of infilled frame structures – a general overview," *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering*, Vol. 33, No 1.

Crisfield M.A. [1991] *Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures*, John Wiley & Sons.

Dawe J.I., Young T.C. [1985] "An investigation of factors influencing the behaviour of masonry infills in steel frames subjected to on-plane shear," *Proceedings of the Seventh International Brick Masonry Conference*, Melbourne, Australia.

Dawe J. L. and Seah C. K. [1989] "Out-of-plane resistance of concrete masonry infilled panels." *Can. J. Civ. Eng.*, 16(6), 854-856

Decanini L.D., Fantin G.E. [1987] "Modelos Simplificados de la Mampostería Incluida en Porticos. Características de Rigidez y Resistencia Lateral en Estado Límite," *Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural*, Buenos Aires, Argentina, Vol. 2, pp. 817-836.

(in Spanish)

Deierlein G.G., Reinhorn A.M., and Willford M.R. [2010] "Nonlinear structural analysis for seismic design," NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 4, produced by the NEHRP Consultants Joint Venture, a partnership of the Applied Technology Council and the Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, for the National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, NIST GCR 10-917-5.

Della Corte G., De Matteis G., Landolfo R. [2000] "Influence of connection modelling on seismic response of moment resisting steel frames," in *Moment Resistant Connections of Steel Frames in Seismic Areas: Design and Reliability* (ed. F.M. Mazzolani), Chapter 7, E&FN Spon, London, New York.

De Martino A., Faella C., Mazzolani F.M. [1984] "Simulation of Beam-to-Column Joint Behaviour under Cyclic Loads," *Costruzioni Metalliche*, Vol. 6, pp. 346-356.

De Sortis A., Di Pasquale G., Nasini U. [1999] *Criteri di Calcolo per la Progettazione degli Interventi – Terremoto in Umbria e Marche del 1997*, Servizio Sismico Nazionale, Rome, Italy. (in Italian)

Dionysis Biskinis and Michael N. Fardis [2013] "Stiffness and cyclic deformation capacity of circular RC columns with or without lap-splices and FRP wrapping," *Bulletin of Earthquake Engineering* 11(5)

Dodd L., Restrepo-Posada J. [1995] "Model for Predicting Cyclic Behavior of Reinforcing Steel," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 121, No. 3, pp. 433-445.

Drysdale R.G., Khattab M.M. [1995] "In-plane behaviour of grouted concrete masonry under biaxial tension-compression," *American Concrete Institute Journal*, Vol. 92, No. 6, pp. 653-664.

Elnashai A.S., Elghazouli A.Y. [1993] "Performance of composite steel/concrete members under earthquake loading, Part I: Analytical model," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 22, pp. 315-345.

Emori K., Schnobrich W.C. [1978] *Analysis of Reinforced Concrete Frame-Wall Structures for Strong Motion Earthquakes*, Structural Research Series No. 434, Civil Engineering Studies, University of Illinois at Urbana-Champaign.

EN 1998-1 (2004) (English): Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings.

EN 1998-3 (English) [2004]: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance -Part 3: Assessment and retrofitting of buildings.

Felippa C.A. [2001] "Nonlinear Finite Element Methods," Lecture Notes, Centre for Aerospace Structure, College of Engineering, University of Colorado, USA. Available from URL: <http://www.colorado.edu/engineering/CAS/courses.d/NFEM.d/Home.html>.

Felippa C.A. [2004] "Introduction to Finite Element Methods," Lecture Notes, Centre for Aerospace Structure, College of Engineering, University of Colorado, USA. Available from URL: <http://www.colorado.edu/engineering/CAS/courses.d/IFEM.d/Home.html>.

Ferracuti B., Savoia M. [2005] "Cyclic behaviour of FRP-wrapped columns under axial and flexural loadings," *Proceedings of the International Conference on Fracture*, Turin, Italy.

Ferracuti B., Pinho R., Savoia M., Francia R. [2009] "Verification of Displacement-based Adaptive Pushover through multi-ground motion incremental dynamic analyses," *Engineering Structures*, Vol. 31, pp. 1789-1799.

FIB [2001] "Externally Bonded FRP Reinforcement for RC Structures," FIB Bulletin n. 14, Federation Internationale du Beton, pp. 138.

FIB [2006] *Retrofitting of Concrete Structures by Externally Bonded FRPS, with Emphasis on Seismic Applications*, FIB Bulletin n. 35, Federation Internationale du Beton, pp. 220.

- Filippou F.C., Popov E.P., Bertero V.V. [1983] "Effects of bond deterioration on hysteretic behaviour of reinforced concrete joints," Report EERC 83-19, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- Filippou F.C., Fenves G.L. [2004] "Methods of analysis for earthquake-resistant structures", Chapter 6 in 'Earthquake Engineering - From Engineering Seismology to Performance-Based Engineering', eds. Y. Bozorgnia and V.V. Bertero, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Fiorato A.E., Sozen M.A., Gamble W.L. [1970] An Investigation of the Interaction of Reinforced Concrete Frames with Masonry Filler Walls, Report UILU-ENG-70-100, Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana-Champaign IL, USA.
- Fragiadakis M., Pinho R., Antoniou S. [2008] "Modelling inelastic buckling of reinforcing bars under earthquake loading," in Progress in Computational Dynamics and Earthquake Engineering, Eds. M. Papadrakakis, D.C. Charmpis, N.D. Lagaros and Y. Tsompanakis, A.A. Balkema Publishers – Taylor & Francis, The Netherlands.
- Fragiadakis M., Papadrakakis M. [2008] "Modeling, analysis and reliability of seismically excited structures: computational issues," International Journal of Computational Methods, Vol. 5, No. 4, pp. 483-511.
- Freitas J.A.T., Almeida J.P.M., Pereira E.M.B.R. [1999] "Non-conventional formulations for the finite element method," Computational Mechanics, Vol. 23, pp. 488-501.
- Fugazza D. [2003] Shape-memory Alloy Devices in Earthquake Engineering: Mechanical Properties, Constitutive Modelling and Numerical Simulations, MSc Dissertation, European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (ROSE School), Pavia, Italy.
- Gasparini D., Vanmarcke E.H. [1976] Simulated Earthquake Motions Compatible with Prescribed Response Spectra, M.I.T. Department of Civil Engineering Research Report.
- Gere J.M., Timoshenko S.P. [1997] Mechanics of Materials, 4th Edition.
- Giannakas A., Patronis D., Fardis M. [1987] "The influence of the position and the size of openings to the elastic rigidity of infill walls," Proceedings of Eighth Hellenic Concrete Conference, Xanthi-Kavala, Greece. (in Greek)
- Giberson, M.F. [1967] "The Response of Nonlinear Multi-Story Structures subjected to Earthquake Excitation," Doctoral Dissertation, California Institute of Technology, Pasadena, CA., May 1967, 232pp.
- Giberson, M.F. [1969] "Two Nonlinear Beams with Definition of Ductility," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 95, No. 2, pp. 137-157.
- Gostic S., Zarnic R. [1985] "Cyclic lateral response of masonry infilled R/C frames and confined masonry walls," Proceedings of the Eighth North-American Masonry Conference, Austin, Texas, USA.
- Halldorsson B., Papageorgiou A.S. [2005] Calibration of the specific barrier model to earthquake of different tectonic regions, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.95, No.4, pp.1276-1300.
- Hall J.F. [2006] "Problems encountered from the use (or misuse) of Rayleigh damping," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 35, No. 5, pp. 525-545.
- Hamburger R.O. [1993] "Methodology for seismic capacity evaluation of steel-frame buildings with infill unreinforced masonry," Proceedings of the US National Conference on Earthquake Engineering, Memphis, Tennessee, USA.
- Hamburger R.O., Foutch D.A., Cornell C.A. [2000] "Performance basis of guidelines for evaluation, upgrade and design of moment-resisting steel frames," Proceedings of the Twelfth World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, paper No. 2543.
- Han T.-S., Feenstra P.H., Billington S.L. [2003] "Simulation of Highly Ductile Fiber-Reinforced Cement-Based Composite Components Under Cyclic Loading , Vol. 100, No. 6, pp. 749-757.

Hellesland J., Scordelis A. [1981] "Analysis of RC bridge columns under imposed deformations," IABSE Colloquium, Delft, pp. 545-559.

Hendry A.W. [1990] Structural Masonry, Macmillan Education Ltd, London, England.

Hilber H.M., Hughes T.J.R., Taylor R.L. [1977] "Improved numerical dissipation for time integration algorithms in structural dynamics," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 5, No. 3, pp. 283-292.

Holmes M. [1961] "Steel Frames with Brickwork and Concrete Infilling," Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol. 19, pp. 473-478.

Hughes T.J.R. [1987] The Finite Element Method, Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis, Prentice-Hall.

Hyodo M., Yamamoto Y., Sugiyama M. [1994] "Undrained cyclic shear behavior of normally consolidated clay subjected to initial static shear stresses," Soils and Foundations, Vol. 34, No. 4, pp. 1-11.

Irons B.M. [1970] "A frontal solution program for finite element analysis," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 2, pp. 5-32.

Izzuddin B.A. [1991] Nonlinear Dynamic Analysis of Framed Structures, PhD Thesis, Imperial College, University of London, London, UK

Kaldjian M.J. [1967] "Moment-curvature of beams as Ramberg-Osgood functions," Journal of Structural Division, ASCE, Vol. 93, No. ST5, pp. 53-65.

KANEPE [2022] Earthquake Planning and Protection Organisation of Greece: Code for Structural Interventions, 3<sup>rd</sup> revision.

Kappos A., Konstantinidis D. [1999] "Statistical analysis of confined high strength concrete," Materials and Structures, Vol. 32, pp. 734-748.

Karsan I.D., Jirsa J.O. [1969] "Behavior of concrete under compressive loading.," Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 95, Issue 12, pp. 2543-2564.

Kent D.C., Park R. [1971] "Flexural members with confined concrete.," Journal of the Structural Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Vol. 97, Issue 7, pp. 1969-1990.

Kunnath S.K. [2004] "Identification of modal combination for nonlinear static analysis of building structures," Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 19, pp. 246-259.

Law K.H. and Mackay D.R. [1992]. A parallel row-oriented sparse solution method for finite element structural analysis. Manuscript NA-92-10. Computer Science Department, Stanford University. August 1992.

Liauw T.C., Lee S.W. [1977] "On the behaviour and the analysis of multi-storey infilled frames subjected to lateral loading," Proceedings of Institution of Civil Engineers, Part 2, Vol. 63, pp. 641-656.

Liauw T.C., Kwan K.H. [1984] "Nonlinear behaviour of non-integral infilled frames," Computer and Structures, Vol. 18, No. 3, pp. 551-560.

Liu, J. W. H. [1986]. A compact row storage scheme for Cholesky factors using elimination trees. ACM Trans. Math. Software 12, 127-148 (1986).

Lopez-Menjivar MA. [2004] Verification of a Displacement-Based Adaptive Pushover Method for Assessment of 2D RC Buildings. PhD Thesis, European School for Advanced Studies in Reduction of Seismic Risk (ROSE School), University of Pavia, Italy.

Mackay, D. R., Law, K. H., and Raefsky, A. [1991] "An implementation of a generalized sparse/profile finite element solution method." Comput. Struct., 41, 723-737.

Madas P. [1993] "Advanced Modelling of Composite Frames Subjected to Earthquake Loading," PhD Thesis, Imperial College, University of London, London, UK.

- Madas P. and Elnashai A.S. [1992] "A new passive confinement model for transient analysis of reinforced concrete structures," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 21, pp. 409-431.
- Mainstone R.J. [1971] "On the Stiffnesses and Strength of Infilled Panels," *Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Supplement IV*, pp. 57-90.
- Mainstone R.J., Weeks G.A. [1970] "The influence of Bounding Frame on the Racking Stiffness and Strength of Brick Walls," *Proceedings of the Second International Brick Masonry Conference*, Stoke-on-Trent, United Kingdom.
- Mallick D.V., Garg R.P. [1971] "Effect of openings on the lateral stiffness of infilled frames," *Proceedings of the Institution of Civil Engineering*, Vol. 49, pp. 193-209.
- Mander J.B., Priestley M.J.N., Park R. [1988] "Theoretical stress-strain model for confined concrete," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 114, No. 8, pp. 1804-1826.
- Mann W., Muller H. [1982] "Failure of shear-stresses masonry - an enlarged theory, tests and application to shear walls," *Proceedings of the British Ceramic Society*, Vol. 30, pp. 139-149.
- Mari A., Scordelis A. [1984] "Nonlinear geometric material and time dependent analysis of three dimensional reinforced and prestressed concrete frames," *SESM Report 82-12*, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley.
- Martinez-Rueda J.E. [1997] *Energy Dissipation Devices for Seismic Upgrading of RC Structures*, PhD Thesis, Imperial College, University of London, London, UK.
- Martinez-Rueda J.E., Elnashai A.S. [1997] "Confined concrete model under cyclic load," *Materials and Structures*, Vol. 30, No. 197, pp. 139-147.
- Menegotto M., Pinto P.E. [1973] "Method of analysis for cyclically loaded R.C. plane frames including changes in geometry and non-elastic behaviour of elements under combined normal force and bending," *Symposium on the Resistance and Ultimate Deformability of Structures Acted on by Well Defined Repeated Loads*, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zurich, Switzerland, pp. 15-22.
- Mirza S.A. [1989] "Parametric study of composite column strength variability," *Journal of Construction Steel Research*, Vol. 14, pp. 121-137.
- Monti G., Nuti C. [1992] "Nonlinear cyclic behaviour of reinforcing bars including buckling," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 118, No. 12, pp. 3268-3284.
- Monti, G., Nuti, C., Santini, S. [1996] *CYRUS - Cyclic Response of Upgraded Sections*, Report No. 96-2, University of Chieti, Italy.
- Mosalam K.M., White R.N., Gergely P. [1997] "Static response of infilled frames using quasi-static experimentation," *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 123, No. 11, pp. 1462-1469.
- Mpampatsikos V., Nascimbene R., Petrini L. [2008] "A critical review of the R.C. frame existing building assessment procedure according to Eurocode 8 and Italian Seismic Code," *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 12, Issue SP1, pp. 52-58.
- Nagashima T., Sugano S., Kimura H., Ichikawa A. [1992] "Monotonic axial compression tests on ultra high strength concrete tied columns," *Proceedings of the Tenth World Conference on Earthquake Engineering*, Madrid, Spain, pp. 2983-2988.
- Neuenhofer A., Filippou F.C. [1997] "Evaluation of nonlinear frame finite-element models," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 123, No. 7, pp. 958-966.
- Newmark N.M. [1959] "A method of computation for structural dynamics," *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE*, Vol. 85, No. EM3, pp. 67-94.
- Nogueiro P., Simoes da Silva L., Bento R., Simoes R. [2005a] "Numerical implementation and calibration of a hysteretic model with pinching for the cyclic response of steel and composite joints,



" Proceedings of the Fourth International Conference on Advances in Steel Structures, Shangai, China, Paper no. ISP-45.

Nogueiro P., Simoes da Silva L., Bento R., Simoes R. [2005b] "Influence of joint slippage on the seismic response of steel frames," Proceedings of the EuroSteel Conference on Steel and Composite Structures, Maastricht, Netherlands, Paper no. 314.

NTC 2018, D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018 (G.U. 20 febbraio 2018 n. 8 - Suppl. Ord.). "Norme tecniche per le Costruzioni" (NTC18).

Oran C. [1973] "Tangent stiffness in space frames," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 99, No. ST6, pp. 987-1001.

Otani, S. [1974] SAKE, A Computer Program for Inelastic Response of R/C Frames to Earthquakes, Report UILU-Eng-74-2029, Civil Engineering Studies, University of Illinois at Urbana-Champaign, USA.

Otani S. [1981] "Hysteresis Models of Reinforced Concrete for earthquake Response Analysis," Journal of Faculty of Engineering, University of Tokyo, Vol. XXXVI, No2, 1981 pp 407-441.

Papia M. [1988] "Analysis of infilled frames using a coupled finite element and boundary element solution scheme," International Journal for Numerical Methods in Engineering, Vol. 26, pp. 731-742.

Park R., Paulay T. [1975] Reinforced Concrete Structures, John Wiley & Sons, New York.

Park Y. J., Wen Y. K., Ang H-S. [1986] "Random Vibration of Hysteretic Systems under Bi- Directional Ground Motions", *Earthquake Engi neering and Structural Dynamics*, Vol. 14, No 4, pp. 543-557.

Paulay T., Priestley M.J.N. [1992] Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings, John Wiley & Sons Inc., New York.

Pegon P. [1996] "Derivation of consistent proportional viscous damping matrices," JRC Research Report No I.96.49, Ispira, Italy.

Penelis G.G., Kappos A.J. [1997] Earthquake-resistant Concrete Structures, E & FN Spon, London, UK.

Pietra D., Pinho R. and Antoniou S. [2006] "Verification of displacement-based adaptive pushover for seismic assessment of high-rise steel buildings," Proceedings of the First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Switzerland, Paper no. 956.

Pilkey W.D. [1994] Formulas for Stress, Strain, and Structural Matrices, John Wiley & Sons, New York.

Pinho R., Antoniou S. [2005] "A displacement-based adaptive pushover algorithm for assessment of vertically irregular frames," Proceedings of the Fourth European Workshop on the Seismic Behaviour of Irregular and Complex Structures, Thessaloniki, Greece.

Pinho R., Casarotti C., Antoniou S. [2007] "A comparison of single-run pushover analysis techniques for seismic assessment of bridges," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 36, No. 10, pp. 1347-1362.

Pinho R., Bhatt C., Antoniou S., Bento R. [2008a] "Modelling of the horizontal slab of a 3D irregular building for nonlinear static assessment," Proceedings of the Fourteenth World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, Paper no. 05-01-0159.

Pinho R., Marques M., Monteiro R., Casarotti C. [2008b] "Using the Adaptive Capacity Spectrum Method for seismic assessment of irregular frames," Proceedings of the Fifth European Workshop on the Seismic Behaviour of Irregular and Complex Structures, Catania, Italy, Paper no. 21.

Pinho R., Monteiro R., Casarotti C., Delgado R. [2009] "Assessment of continuous span bridges through Nonlinear Static Procedures," *Earthquake Spectra*, Vol. 25, No. 1, pp. 143-159.

Priestley M.J.N. [2003] Myths and Fallacies in Earthquake Engineering, Revisited. The Mallet Milne Lecture, IUSS Press, Pavia, Italy.

Priestley M.J.N., Grant D.N. [2005] "Viscous damping in seismic design and analysis," *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 9, Special Issue 1, pp. 229-255.

- Priestley M.J.N., Seible F., Calvi G.M. [1996] *Seismic Design and Retrofit of Bridges*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Prota A., Cicco F., Cosenza E. [2009] "Cyclic behavior of smooth steel reinforcing bars: experimental analysis and modeling issues," *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 13, No. 4, pp. 500–519.
- Przemieniecki J.S. [1968] *Theory of Matrix Structural Analysis*, McGraw Hill.
- Ramberg W., Osgood W.R. [1943] *Description of Stress-Strain Curves by Three Parameters*, National Advisory Committee on Aeronautics, Technical Note 902.
- Repapis C. [2000] *Study of Different Approaches for Nonlinear Dynamic Analysis of RC Frames*, MSc Dissertation, Dept. of Civil Engineering, Imperial College, London, UK.
- Richard R.M., Abbott B.J. [1975] "Versatile Elastic Plastic Stress-Strain Formula," *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, Vol. 101, No. 4, pp. 511-515.
- Riddington J.R., Ghazali M.Z. [1988] "Shear strength of masonry walls," *Proceedings of the Eighth International Brick and Block Masonry Conference*, Dublin, Ireland.
- Rosenblueth, E. [1951] *A basis for a Seismic Design*, PhD Thesis, University of Illinois, Urbana, USA.
- Sahlin S. [1971] *Structural Masonry*, Prentice-Hall Inc., New Jersey, USA.
- San Bartolome A. [1990] *Colecti3n del Ingeniero Civil*, Libro No. 4, Colegio de Ingenieros del Peru, Peru. (in Spanish)
- Sattar S. and Liel A.B. [2010] "Seismic Performance of Reinforced Concrete Frame Structures with and without Masonry Infill Walls". 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, Toronto, Canada.
- Scott B.D., Park R., Priestley M.J.N. [1982] "Stress-strain behaviour of concrete confined by overlapping hoops at low and high strain rates," *ACI Journal*, Vol. 79, No. 1, pp. 13-27.
- Scott M.H., Fenves G.L. [2006] "Plastic hinge integration methods for force-based beam-column elements," *ASCE Journal of Structural Engineering*, Vol. 132, No. 2, pp. 244-252.
- Seed H.B., Idriss I.M., Makdisi F., Banerjee N. [1975] "Representation of irregular stress time-histories by equivalent uniform stress series in liquefaction analysis," Report No. UCB/EERC 75-29, University of California, Berkeley, USA.
- Sheikh S.A., Uzumeri S.M. [1982] "Analytical model for concrete confined in tied columns," *Journal of the Structural Division*, ASCE, Vol. 108, No. ST12, pp. 2703-2722.
- Simo J.C., Hughes T.J.R. [1998] *Computational Inelasticity*, Springer-Verlag New York, USA.
- Simoes R., Simoes da Silva L., Cruz P. [2001] "Behaviour of end-plate beam-to-column composite joints under cyclic loading," *International Journal of Steel and Composite Structures*, Vol. 1, No. 3, pp. 355-376.
- Sivaselvan M., Reinhorn A.M. [1999] "Hysteretic models for cyclic behavior of deteriorating inelastic structures," Report MCEER-99-0018, MCEER/SUNY/Bufalo.
- Sivaselvan M., Reinhorn A.M. [2001] "Hysteretic models for deteriorating inelastic structures," *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, Vol. 126, No. 6, pp. 633-640, with discussion by Wang and Foliente and closure in Vol. 127, No. 11.
- Smyrou E., Blandon C.A., Antoniou S., Pinho R., Crisafulli F. [2011] "Implementation and verification of a masonry panel model for nonlinear dynamic analysis of infilled RC frames," *Bullettin of Earthquake Engineering*, DOI 10.1007/s10518-011-9262-6.
- Spacone E., Ciampi V., Filippou F.C. [1996] "Mixed formulation of nonlinear beam finite element," *Computers & Structures*, Vol. 58, No. 1, pp. 71-83.
- Spoelstra M., Monti G. [1999] "FRP-confined concrete model," *Journal of Composites for Construction*, ASCE, Vol. 3, pp. 143-150.

- Shrive N.G. [1991] "Materials and material properties," in Reinforced and Prestressed Masonry, Longman Scientific and Technical, London, England.
- Stafford-Smith B. [1966] "Behaviour of square infilled frames," Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of Structural Division, Vol. 92, No. ST1, pp. 381-403.
- Stafford-Smith B. and Carter C. [1969]. "A method for the analysis of infilled frames", Proc. Instn. Civ. Engrs., 44, 31-48.
- Stockl S., Hofmann P. [1988] "Tests on the shear bond behaviour in the bed-joints of masonry," Proceedings of the Eighth International Brick and Block Masonry Conference, Dublin, Ireland.
- Takeda T., Sozen M.A., Nielsen N.N. [1970] "Reinforced concrete response to simulated earthquakes," Journal of Structural Division, ASCE, Vol. 96, No. ST12, pp. 2557-2573.
- TBDY [2018]: Turkish Seismic Building Regulations.
- Thiruvengadam H. [1980] "On the natural frequencies of infilled frames," Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 13, pp. 507-526.
- Triantafillou T.C. [2006] "Seismic Retrofitting using Externally Bonded Fibre Reinforced Polymers (FRP)," (To appear in Chapter 5 of the fib bulletin "Seismic Assessment & Retrofit of RC Buildings")
- Trueb U. [1983] Stability Problems of Elasto-Plastic Plates and Shells by Finite Elements, PhD Thesis, Imperial College, University of London, London.
- TS500 [2000]: Requirements for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures.
- Utku B. [1980] "Stress magnifications in walls with openings," Proceedings of the Seventh World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, Turkey.
- Vamvatsikos D., Cornell C.A. [2002] "Incremental dynamic analysis," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 31, No. 3, pp. 491-514.
- Varum H.S.A. [2003] Seismic Assessment, Strengthening and Repair of Existing Buildings, PhD Thesis, University of Aveiro, Portugal.
- Wilson E. [2001] Static and Dynamic Analysis of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California. (available at URL: <http://www.edwilson.org/book/book.htm>)
- Wakabayashi M. [1986] Design of earthquake-resistant buildings, McGraw-Hill, USA.
- Wan Q., Yi W. [1986] "The shear strength of masonry walls under combined stresses," Proceedings of the Fourth Canadian Masonry Symposium, University of New Brunswick, Canada.
- Wen Y.K. [1976] "Method for Random Vibration of Hysteretic Systems.", *Journal of the Engineering Mechanics Division*, ASCE, Vol. 102, Issue 2, Pg. 249-263.
- Wolf J.P. [1994] Foundation Vibration Analysis Using Simple Physical Models, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Yassin M.H.M. [1994] Nonlinear analysis of prestressed concrete structures under monotonic and cyclic loads, PhD Thesis, University of California, Berkeley, USA.
- Yankelevsky D.Z., Reinhardt H.W. [1989] "Uniaxial behavior of concrete in cyclic tension," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 115, No. 1, pp. 166-182.
- Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. [1991] The Finite Element Method, 4th Edition, McGraw Hill.
- Zona A. and Dall'Asta A. [2012] "Elastoplastic model for Steel buckling-restrained braces", *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 68, pp. 118-125.



# Appendice A – Codici

## Appendice A.1 - EUROCODICI

In questa appendice sono descritti i parametri impiegati per la valutazione delle strutture in accordo con gli Eurocodici (EC8-Parte1 e Parte3).

### TIPOLOGIE DI ANALISI

La pratica attuale in Europa è regolata dall'Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici (CEN, 2005a) e Parte 3: Valutazione e Adeguamento degli Edifici (CEN, 2005b).

In accordo con l'Eurocodice 8 (CEN, 2005b), gli effetti delle azioni sismiche in combinazione con gli effetti delle azioni permanenti e variabili sono valutati impiegando uno dei seguenti metodi:

- Analisi con forze laterali, soggetta alle limitazioni specificate nella EN 1998-1:2004 sezione 4.3.3.2.1 con l'aggiunta della sezione 4.4.2 della EN 1998-3:2005;
- Analisi modale con spettro di risposta, soggetta alle limitazioni specificate nella EN 1998-1:2004 sezione 4.3.3.3.1 con l'aggiunta delle condizioni specificate nella sezione 4.2 della EN 1198-3:2005;
- Analisi statica non lineare (pushover), in accordo con le sezioni 4.3.3.4.2.1 della EN1998-1:2004 e 4.4.4 della EN 1998-3:2005;
- Analisi dinamica non lineare nel dominio del tempo, in accordo con la procedura della sezione 4.3.3.4.3. della EN 1998-1:2004;
- Approccio con il fattore  $q$ , come descritto nella EN 1998-1:2004 sezione 4.3.3.2 oppure 4.3.3.3, a seconda dei casi.

L'analisi statica non lineare è il metodo di riferimento per la valutazione della sicurezza sismica degli edifici esistenti. In SeismoBuild è stato pertanto implementato questo metodo, che si basa su analisi pushover effettuate sotto carichi gravitazionali costanti e carichi orizzontali crescenti in maniera monotona, applicati in corrispondenza della posizione delle masse nel modello, per simulare le forze d'inerzia indotte dall'azione sismica. Poiché il modello è in grado di cogliere sia le non linearità geometriche che le inelasticità dei materiali, questo metodo riesce a descrivere l'evoluzione dei meccanismi di rottura attesi e del danno strutturale.

Ciascuna analisi pushover porta ad una curva di capacità, che è una relazione tra la forza di taglio totale alla base e lo spostamento orizzontale di un punto rappresentativo della struttura, chiamato "nodo di controllo". La domanda allo Stato Limite considerato – Collasso, Danno Severo o Danno Limitato – viene determinata confrontando in maniera appropriata la capacità ottenuta dalla curva di pushover e la richiesta di spostamento derivata dallo spettro di risposta elastico smorzato. Per fare ciò, gli spostamenti del "nodo di controllo" vengono definiti in termini di quantità spettrali relative ad un sistema equivalente ad un solo grado di libertà (SDOF) che è derivato dalla risposta a più gradi di libertà (MDOF) stimata in accordo con l'Appendice B della EN1998-1:2004.

La domanda strutturale associata allo spostamento target acquisito deve soddisfare i criteri di verifica definiti nell'Eurocodice 8 - Parte 3 (CEN, 2005b). Di conseguenza, la domanda degli elementi strutturali per le verifiche fragili (taglio) e duttili (deformazione di rotazione alla corda) è ritenuta conforme ai limiti che tengono conto: delle proprietà meccaniche della sezione; dell'interazione tra momento, taglio e carico assiale dell'elemento;

e del degrado della resistenza/rigidezza associato alla richiesta di duttilità e alla risposta ciclica degli elementi in cemento armato, attraverso un'appropriata considerazione dell'inelasticità del materiale.

## REQUISITI PRESTAZIONALI

In accordo con la EN1998-3 sezione 2.1, i requisiti prestazionali fanno riferimento allo stato di danneggiamento della struttura definito tramite tre stati limite, chiamati Collasso (NC), Danno Significativo (SD) e Danno Limitato (DL).

### Stato Limite di Collasso (NC)

Secondo la norma EN1998-3, lo stato limite di Collasso (NC) può essere selezionato quando lo stato di danneggiamento di riferimento nella struttura è vicino al collasso e con ogni probabilità la struttura non è in grado di sopravvivere ad un altro terremoto anche di moderata intensità. La struttura è pesantemente danneggiata e presenta una resistenza e una rigidezza laterale residua molto bassa, anche se gli elementi strutturali verticali sono ancora in grado di sostenere i carichi gravitazionali. La maggior parte degli elementi non strutturali sono crollati e sono presenti grandi livelli di drift permanenti. Il livello appropriato di protezione è raggiunto scegliendo un'azione sismica con un periodo di ritorno di 2475 anni, corrispondente ad una probabilità di superamento del 2% in 50 anni.

### Stato Limite di Danno Significativo (SD)

Secondo la norma EN1998-3, lo stato limite di Danno Significativo (SD) può essere selezionato quando lo stato di danneggiamento di riferimento nella struttura è significativo e la struttura è in grado di sostenere degli after-shock di moderata intensità, sebbene dal punto di vista economico la sua riparazione possa non essere vantaggiosa. La struttura presenta una resistenza e una rigidezza laterale residua e gli elementi strutturali verticali sono ancora in grado di sostenere i carichi gravitazionali. Gli elementi non strutturali sono danneggiati, anche se le partizioni e le tamponature esterne non sono collassate fuori piano. Sono presenti moderati livelli di drift permanente. Il livello appropriato di protezione è raggiunto scegliendo un'azione sismica con un periodo di ritorno di 475 anni, corrispondente ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

### Stato Limite di Danno Limitato (DL)

Secondo la norma EN1998-3, lo stato limite di danno limitato (DL) può essere selezionato quando lo stato di danneggiamento di riferimento nella struttura non è significativo e la struttura non richiede alcun intervento di riparazione. La struttura è solo lievemente danneggiata: gli elementi strutturali, infatti, non hanno raggiunto uno snervamento significativo e mantengono le loro proprietà di resistenza e rigidezza. Gli elementi non strutturali, come le partizioni interne e le tamponature esterne, mostrano una distribuzione diffusa delle fessure; il danno, però, può essere economicamente riparato. I livelli di drift permanente sono trascurabili. Il livello appropriato di protezione è raggiunto scegliendo un'azione sismica con un periodo di ritorno di 225 anni, corrispondente ad una probabilità di superamento del 20% in 50 anni.

Le Appendici Nazionali degli Eurocodici specificano se è necessario impiegare tutti e tre gli stati limite, due di loro o solamente uno.

## INFORMAZIONI PER LA VALUTAZIONE STRUTTURALE

Al fine della scelta del tipo di analisi ammissibile e dei valori appropriati del coefficiente di confidenza, si distinguono i seguenti tre livelli di conoscenza:

- KL1: Conoscenza Limitata
- KL2: Conoscenza Adeguata
- KL3: Conoscenza Accurata

I fattori che determinano il livello di conoscenza raggiunto sono i seguenti: (i) geometria, ossia le caratteristiche geometriche del sistema strutturale e degli elementi non strutturali

(come i pannelli di tamponamento in muratura), che possono influenzare la risposta strutturale, (ii) dettagli, questi includono la quantità e i dettagli di armatura negli elementi in calcestruzzo armato, collegamenti fra membrature di acciaio, il collegamento dei diaframmi alle strutture resistenti alle forze laterali, le giunzioni di malta nelle murature e la natura di alcuni elementi di rinforzo nella muratura, (iii) materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali costituenti.

### **KL1: Conoscenza Limitata**

**Geometria:** la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso un rilievo visivo a campione dovrà essere effettuato per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare.

**Dettagli costruttivi:** i dettagli non sono disponibili da disegni costruttivi e devono venire ricavati sulla base di un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione. È richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire verifiche locali di resistenza.

**Proprietà dei materiali:** non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né da disegni costruttivi né da certificati di prova. Si adotteranno valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati da limitate prove in-situ sugli elementi più importanti.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza limitata verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare statici o dinamici.

### **KL2: Conoscenza Adeguata**

**Geometria:** la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso un rilievo visivo a campione dovrà essere effettuato per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

**Dettagli costruttivi:** i dettagli sono noti da un'estesa verifica in-situ oppure parzialmente noti dai disegni costruttivi originali incompleti. In quest'ultimo caso è richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

**Proprietà dei materiali:** informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova, o da estese verifiche in-situ. Nel primo caso dovranno anche essere eseguite limitate prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, dovranno essere eseguite estese prove in-situ. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza adeguata verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

### **KL3: Conoscenza Accurata**

**Geometria:** la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso un rilievo visivo a campione dovrà essere effettuato per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

**Dettagli costruttivi:** i dettagli sono noti o da un'esaustiva verifica in-situ oppure dai disegni costruttivi originali. In quest'ultimo caso è comunque richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti.

I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

Proprietà dei materiali: informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali, o da esaustive verifiche in-situ. Nel primo caso dovranno anche essere eseguite estese prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, dovranno essere eseguite esaustive prove in-situ. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza accurata verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

### Coefficienti di Confidenza

Nell'immagine seguente (tabella estratta dalla EN1998-3) vengono forniti un riassunto e le raccomandazioni sui coefficienti di confidenza e i conseguenti metodi di analisi ammessi per ciascun livello di conoscenza.

Livelli di conoscenza	Geometria	Dettagli	Materiali	Analisi	CF
KL1	Dai disegni di carpenteria originali con rilievo <b>visivo</b> a campione <b>o</b> rilievo ex-novo <b>completo</b>	Progetto simulato in conformità alla pratica pertinente <b>e limitate</b> ispezioni in sito	Valori usuali in conformità alle norme del tempo della costruzione <b>e da limitate</b> prove in sito	LF-MRS	$CF_{KL1}$
KL2		Da disegni costruttivi incompleti originali dettagliati con <b>limitata</b> ispezione in sito <b>o da estesa</b> ispezione in sito	Dalle specifiche originali di progetto con <b>limitate</b> prove in sito <b>o da estese</b> prove in sito	Tutti	$CF_{KL2}$
KL3		Da disegni costruttivi originali dettagliati con <b>limitata</b> ispezione in sito <b>o da esaustiva</b> ispezione in sito	Dai certificati di prova originali con <b>limitate</b> prove in sito <b>o da esaustive</b> prove in sito	Tutti	$CF_{KL3}$

Nota I valori attribuiti ai coefficienti di confidenza da usare in una nazione possono essere trovati nelle appendici nazionali. I valori raccomandati sono  $CF_{KL1} = 1,35$ ,  $CF_{KL2} = 1,20$  e  $CF_{KL3} = 1,00$ .

**Tabella 3.1 della EN1998-3**

## Fattori di Sicurezza

I valori dei fattori di sicurezza e le equazioni normative impiegate all'interno di SeismoStruct possono essere specificati attraverso la finestra di dialogo che viene aperta premendo il pulsante corrispondente. Si precisa che i valori di default dei fattori di sicurezza presentati all'interno del programma sono quelli definiti nell'Eurocodice 8 – Parte 3.

**Coefficienti di Sicurezza** Specifica i valori dei Fattori di Sicurezza utilizzati nelle verifiche

Eurocode 8, Parte-3 | Normativa Italiana | KANEPE, Normativa greca

Coefficienti di Sicurezza

Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità a taglio, elementi primari (A.12)	1.150
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità a taglio, elementi secondari (A.12)	1.000
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità di rotazione alla corda $\theta_u$ , sezioni rettangolari & elementi primari (A.1)	1.500
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità di rotazione alla corda $\theta_u$ , sezioni rettangolari & elementi secondari (A.1)	1.000
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità di rotazione alla corda $\theta_u$ , sezioni rettangolari & elementi primari (A.3)	1.800
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità di rotazione alla corda $\theta_u$ , sezioni rettangolari & elementi secondari (A.3)	1.000
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità di rotazione alla corda $\theta_u$ , sezioni circolari & elementi primari (A.1)	2.000
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità di rotazione alla corda $\theta_u$ , sezioni circolari & elementi secondari (A.1)	1.000
Fattore Parziale $\gamma_c$ per calcestruzzo (A.12)	1.500
Fattore Parziale $\gamma_s$ per acciaio (A.12)	1.150
Fattore $\gamma_{RD}$ per nodi trave-colonna (EN 1998-1:2004, Sezione 5.5.2.3)	1.200
Fattore Parziale $\gamma_{fd}$ per materiali compositi fibro-rinforzati, FRP (A.33)	1.500

Calcolo della Capacità di Rotazione rispetto alla Corda

☒ Dall'equazione (A.1) ☐ Dalle equazioni (A.3) e (A.10) oppure (A.11)

Calcolo della Rotazione rispetto alla Corda allo Snervamento

☒ Dalle equazioni (A.10a) e (A.11a) ☐ Dalle equazioni (A.10b) e (A.11b)

Calcolo dell'area delle staffe orizzontali nel nodo

☒ Dall'equazione ((5.35)) ☐ Dalle equazioni (5.36)

Buttons: Ok, Cancella, Impostazioni Predefinite, Imposta come Default

### Modulo Fattori di Sicurezza

## MODELLI DI CAPACITÀ PER LA VALUTAZIONE E LE VERIFICHE DI SICUREZZA

Tutte le verifiche (capacità di rotazione alla corda e resistenza a taglio) devono essere svolte per tutti gli elementi di ogni piano, in accordo con l'Appendice A della EN1998-3:2005, considerando gli elementi come primari o secondari dal punto di vista della resistenza sismica, progettati in accordo con le definizioni della EN1998-1:2004, 4.2.2(1)P, (2) e (3).

### Capacità di deformazione

La capacità di deformazione di travi, pilastri e pareti strutturali è definita in termini di *rotazione rispetto alla corda  $\theta$* , cioè dell'angolo tra la tangente all'asse all'estremità dello snervamento e la corda che collega quell'estremità con l'estremità della luce di taglio  $L_V = M/V$  (= momento/taglio alla sezione di estremità), cioè il punto a momento nullo. Tale rotazione (rispetto alla corda) è anche pari al rapporto di spostamento della membratura, cioè, l'inflessione all'estremità della luce di taglio rispetto alla tangente all'asse all'estremità dello snervamento, diviso per la luce di taglio.

La capacità di deformazione di travi e pilastri è fortemente influenzata dalla mancanza di adeguati dettagli antisismici nell'armatura longitudinale, così come dalla tipologia di barre impiegate, siano esse barre lisce o/e di acciaio fragile lavorato a freddo. Uno sviluppo inadeguato delle sovrapposizioni lungo la lunghezza delle travi e l'altezza dei pilastri e un ancoraggio inappropriato all'interno dei nodi trave-pilastro può governare la risposta dell'elemento all'azione sismica, limitando drasticamente la sua capacità rispetto alla situazione in cui l'armatura è considerata completamente efficace. Vengono prese, quindi, in considerazione le limitazioni, sopracitate, sulla capacità deformativa.

Il valore della capacità di rotazione alla corda per lo stato limite di collasso (NC) è il valore della capacità di rotazione ultima totale rispetto alla corda (elastica più la parte anelastica) delle membrature di calcestruzzo sotto carichi ciclici, e può essere calcolata con le espressioni (A.1) e (A.3) dell'EC8: Parte 3 (CEN, 2005b):

$$\theta_{um} = \frac{1}{\gamma_{el}} \cdot 0,016 \cdot (0,3^v) \left[ \frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot \left( \min\left(9, \frac{L_V}{h}\right) \right)^{0,35} 25^{\left(\alpha \rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,25^{100 \rho_d}) \quad (A.1) \text{ EC8: Parte 3}$$

Dove  $\gamma_{el}$  è uguale a 1,5 per gli elementi sismici primari e a 1,0 per quelli secondari e  $L_V$  è il rapporto tra il momento  $M$  e la forza di taglio  $V$  alla sezione di estremità. Gli ulteriori parametri rilevanti sono definiti nella sezione A.3.2.2 dell'EC8: Parte 3.

Nelle pareti strutturali il valore dato dall'equazione (A.1) è moltiplicato per 0,58.

La capacità ultima (totale) di rotazione alla corda di membrature in calcestruzzo carichi ciclici può essere calcolata anche mediante la seguente equazione:

$$\begin{aligned} \theta_{um}^{pl} &= \theta_{ym} - \theta_y \\ &= \theta_y + \frac{1}{\gamma_{el}} \cdot 0,0145 \cdot (0,25^v) \left[ \frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} \right]^{0,3} \cdot f_c^{0,2} \cdot \left( \min\left(9, \frac{L_V}{h}\right) \right)^{0,35} 25^{\left(\alpha \rho_{sx} \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,275^{100 \rho_d}) \end{aligned} \quad (A.3) \text{ EC8: Parte 3}$$

Dove  $\gamma_{el}$  è pari a 1,8 per gli elementi primari e 1,0 per quelli secondari; la rotazione rispetto alla corda allo snervamento,  $\theta_y$ , è calcolata in accordo con la sezione A.3.2.4 dell'EC8: Parte 3 e gli ulteriori parametri rilevanti sono definiti nella sezione A.3.2.2 dell'EC8: Parte 3.

Nelle pareti strutturali il valore di  $\theta_{um}^{pl}$  dato dall'equazione (A.3) è moltiplicato per 0,6.

La capacità di rotazione alla corda corrispondente allo stato limite di Danno Significativo (SD) è assunta pari ai  $\frac{3}{4}$  della rotazione alla corda ultima, calcolata per mezzo delle precedenti equazioni.

La capacità di rotazione alla corda che corrisponde allo stato limite di Danno Limitato (DL) è data dalla capacità di rotazione alla corda allo snervamento, valutata come segue:

Per travi rettangolari e pilastri:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0,0014 \left( 1 + 1,5 \frac{h}{L_V} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d-d'} \frac{d_{bL} f_y}{6 \sqrt{f_c}} \quad (A.10a) \text{ EC8: Parte 3}$$

Per pareti rettangolari, a T o flangiate:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0,0013 + \frac{\varepsilon_y}{d-d'} \frac{d_{bL} f_y}{6 \sqrt{f_c}} \quad (A.11a) \text{ EC8: Parte 3}$$

O da espressioni alternative ed equivalenti per travi rettangolari e pilastri:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0,0014 \left( 1 + 1,5 \frac{h}{L_V} \right) + 0,13 \varphi_y \frac{d_{bL} f_y}{8 \sqrt{f_c}} \quad (A.10b) \text{ EC8: Parte 3}$$

Per pareti rettangolari, a T o flangiate:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0,0013 + 0,13 \varphi_y \frac{d_{bL} f_y}{8 \sqrt{f_c}} \quad (A.11b) \text{ EC8: Parte 3}$$

Dove  $\alpha_V$  è pari a zero, se il momento flettente di snervamento è inferiore a  $L_V$  moltiplicata per la resistenza a taglio del calcestruzzo -  $V_{R,c}$ , altrimenti è pari a 1,0.  $V_{R,c}$  è calcolata in accordo con le prescrizioni della EN1992-1-1:2004 per gli elementi in calcestruzzo privi di armatura a taglio. Gli ulteriori parametri rilevanti sono definiti nella sezione A.3.2.4 dell'EC8: Parte 3.

La curvatura a snervamento della sezione terminale è calcolata in accordo con le seguenti espressioni, per le sezioni in cui la zona compressa presenta una larghezza costante e per il caso in cui lo snervamento della sezione è causato dallo snervamento dell'acciaio.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d}$$

Se la sezione snerva a causa delle nonlinearità di deformazione del calcestruzzo in compressione, ossia per deformazione delle fibre compresse di estremità superiore a  $\varepsilon_c \approx 1.8 f_c/E_c$ , allora la curvatura a snervamento è calcolata secondo la seguente espressione:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d}$$

Per il calcolo della capacità di rotazione alla corda viene utilizzato il più piccolo dei valori indicati sopra.

Secondo l'Appendice A della EN1998-3 la capacità di rotazione alla corda è fortemente influenzata da un certo numero di differenti fattori, come il tipo di barre longitudinali. Se è impiegato un acciaio fragile lavorato a freddo, la parte plastica della rotazione alla corda è divisa per 2, mentre se le membrature presentano barre longitudinale lisce, si applica la sezione A.3.2.2(5) dell'Appendice A, considerando anche se le barre sono ben giuntate o no. Nel caso di elementi privi di adeguati dettagli locali per la resistenza sismica i valori ottenuti dalle espressioni (A.1) e (A.3) sono divisi per 1,2. Inoltre, se le barre longitudinali deformate presentano le estremità diritte giuntate a partire dalla sezione di estremità dell'elemento, la parte plastica della rotazione alla corda è calcolata con il valore del rapporto meccanico di armatura dell'armatura longitudinale compressa,  $\omega'$ , raddoppiato rispetto al valore che si applica al di fuori delle zone di sovrapposizione. In aggiunta, nelle sezioni in cui la lunghezza di giunzione  $l_o$  è inferiore alla lunghezza minima di giunzione per deformazione ultima  $l_{ou,min}$ , la parte plastica della capacità di rotazione alla corda calcolata tramite l'equazione (A.3) EC8:Parte 3, è moltiplicata per il rapporto  $l_o/l_{ou,min}$  (per ulteriori dettagli sul calcolo di  $l_{ou,min}$  si può far riferimento alla sezione A.3.2.2(4) dell'Appendice A), mentre il valore della rotazione alla corda a snervamento,  $\theta_y$  tiene conto dell'effetto della sovrapposizione in accordo con la A.3.2.4(3) dell'Appendice A.

Nel caso di pilastri circolari, le equazioni presentate sopra non possono essere impiegate per il calcolo della capacità di rotazione alla corda degli elementi. In SeismoStruct sono impiegate le seguenti equazioni, suggerite da D. Biskinis e M.N. Fardis [2013] per  $\theta_y$  e  $\theta_u$ .

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_V + \alpha_V z}{3} + 0.0027 \left( 1 - \min \left( 1; \frac{2 L_s}{15 D} \right) \right) + \alpha_{sl} \frac{\varphi_y d_{bl} f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

Dove i valori  $f_y$  e  $f_c$  sono in MPa,  $\alpha_V=1$  se  $V_{Rc} < V_{My}$ ,  $V_{Rc}$  è calcolato in accordo con l'Eurocodice 2 (CEN 2004), altrimenti  $\alpha_V=0$ , e  $\alpha_{sl}=0$  se è fisicamente impossibile il pull-out delle barre tese dalla loro zona di ancoraggio oltre l'estremità di snervamento, altrimenti  $\alpha_{sl}=1$ .

$$\theta_u = (\theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{pl} (1 - 0.5 L_{pl}/L_s) + \alpha_{sl} \Delta \theta_{u,slip}) / \gamma_{el}$$

Dove  $\gamma_{el}$  è pari a 2.0 per gli elementi primari e a 1.0 per quelli secondari, e  $\Delta \theta_{u,slip}$  e  $L_{pl}$  sono calcolati in accordo con le seguenti equazioni:

$$\Delta \theta_{u,slip} = 10 d_{bl} (\varphi_u + \varphi_y) / 2$$

$$L_{pl} = 0.6 D \left[ 1 + \frac{1}{6} \min \left( 9; \frac{L_s}{D} \right) \right]$$

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

#### Incamiciatura in c.a.

Per valutare le capacità di deformazione degli elementi strutturali incamiciati, in accordo con l'Appendice A della EN1998-3:2005 vengono fatte le seguenti assunzioni: (i) l'elemento incamiciato si comporta in maniera monolitica, (ii) si trascura il fatto che il carico assiale è applicato alla sola porzione preesistente dell'elemento, e si considera che esso agisca sull'intera sezione incamiciata,



e (iii) le proprietà meccaniche del calcestruzzo della camicia si considerano estese all'intera sezione se le differenze fra i due materiali non sono eccessive.

Nelle verifiche di capacità le seguenti relazioni possono essere assunte tra i valori di  $M_y^*$ ,  $\theta_y^*$  e  $\theta_u^*$  calcolati con le ipotesi di cui sopra in accordo con l'Appendice A della EN1998-3:2005:

Il momento di snervamento:

$$M_y^* = M_y \quad (A.18) \text{ EC8: Parte 3}$$

Rotazione alla corda a snervamento:

$$\theta_y^* = 1.05\theta_y \quad (A.19a) \text{ EC8: Parte 3}$$

Rotazione ultima alla corda:

$$\theta_u^* = \theta_u \quad (A.20) \text{ EC8: Parte 3}$$

### Rivestimento in FRP

Il contributo del rivestimento in FRP applicato agli elementi strutturali, in accordo con l'Appendice A della EN1998-3:2005, viene di seguito descritto come:

Gli effetti della placcatura e della fasciatura con FRP delle membrature, sulla resistenza a flessione della sezione di estremità e sul valore della rotazione a snervamento rispetto alla corda,  $\theta_y$ , possono essere trascurati, dove  $\theta_y$  può essere calcolato in conformità ai punti da A.3.2.4(2) a (4).

Per membrature di sezione rettangolare con gli angoli arrotondati la capacità di rotazione totale rispetto alla corda e la sua parte plastica può essere calcolata mediante le espressioni (A.1) o (A.3), rispettivamente, con l'esponente del termine dovuto al confinamento, aumentata di  $\alpha \rho_f f_{f,e}$  dove  $\alpha$  è il coefficiente di efficacia del confinamento,  $\rho_f$  è il rapporto di FRP parallelo alla direzione di carico e  $f_{f,e}$  è lo sforzo effettivo dato dall'espressione (A.35) dell'EC8: Parte 3.

### Capacità a momento flettente

La capacità a momento flettente di travi, pilastri e pareti a sezione prismatica è calcolata secondo il paragrafo 4.1 di D. Biskinis e MN Fardis (2009), mentre per la capacità a momento flettente delle colonne circolari si fa riferimento al paragrafo 4 di Biskinis e M.N. Fardis (2013).

### Resistenza a taglio

La resistenza a taglio, controllata dalle staffe, e tenendo in considerazione la riduzione dovuta alla parte plastica della richiesta di duttilità, è calcolata tramite la seguente espressione in accordo con l'Appendice A della EN1998-3:2005.

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[ \frac{h-x}{2L_v} \min(N; 0,55A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl})) \cdot \left[ 0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) \left( 1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_v}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (A.12) \text{ EC8: Parte 3}$$

Dove  $\gamma_{el}$  è pari a 1,15 per gli elementi sismici primari e a 1,0 per quelli secondari, e le rimanenti variabili sono calcolate come definito nella sezione A.3.3.1 dell'Appendice A della EN1998-3.

La resistenza a taglio di una parete in calcestruzzo non può essere presa maggiore del valore corrispondente alla rottura per schiacciamento dell'anima,  $V_{R,max}$ , che, sotto carichi ciclici, è calcolata in accordo con la sezione A3.3.1(2) dell'Appendice A della EN1998-3:2005 tramite la seguente espressione:

$$V_{R,max} = \frac{0,85 \left( 1 - 0,06 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl}) \right)}{\gamma_{el}} \left( 1 + 1,8 \min\left(0,15; \frac{N}{A_c f_c}\right) \right) \left( 1 + 0,25 \max(1,75; 100\rho_{tot}) \right) \cdot \left( 1 - 0,2 \min\left(2; \frac{L_v}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} b_w z \quad (A.15) \text{ EC8: Parte 3}$$



Se in un pilastro in calcestruzzo il rapporto della luce di taglio ( $L_v/h$ ) alla sezione di estremità con il massimo dei due momenti di estremità inferiore o pari a 2, la sua resistenza a taglio si raccomanda che non venga presa maggiore del valore corrispondente alla rottura per schiacciamento dell'anima lungo la diagonale della colonna dopo lo snervamento per flessione,  $V_{R,max}$ , che, sotto carichi ciclici, può essere calcolato in accordo con la sezione A3.3.1(3) dell'Appendice A della EN1998-3:2005 tramite la seguente espressione:

$$V_{R,max} = \frac{4/7 \left( 1 - 0,02 \min(5; \mu_{\Delta}^{pl}) \right)}{\gamma_{el}} \left( 1 + 1,35 \frac{N}{A_c f_c} \right) (1 + 0,45(100 \rho_{tot})) \sqrt{\min(40; f_c)} b_w z \sin 2\delta$$

(A.16) EC8: Parte 3

Dove  $\delta$  è l'angolo tra la diagonale e l'asse del pilastro ( $\tan \delta = h/2L_v$ ).

### **Incamicatura in c.a.**

Per valutare le capacità di deformazione degli elementi strutturali incamiciati, in accordo con l'Appendice A della EN1998-3:2005 vengono fatte le seguenti assunzioni: (i) l'elemento incamiciato si comporta in maniera monolitica, (ii) si trascura il fatto che il carico assiale è applicato alla sola porzione preesistente dell'elemento, e si considera che esso agisca sull'intera sezione incamiciata, e (iii) le proprietà meccaniche del calcestruzzo della camicia si considerano estese all'intera sezione se le differenze fra i due materiali non sono eccessive.

Il valore della resistenza a taglio da adottare nelle verifiche è quello calcolato con riferimento alla sezione incamiciata nelle ipotesi semplificative, indicate nell'Appendice A della EN1998-3:2005:

$$V_R^* = 0,9 V_R$$

(A.17) EC8: Parte 3

### **Rivestimento in FRP**

La resistenza ciclica a taglio  $V_R$ , può essere calcolata come indicato nel paragrafo A.4.4.2(9) dell'Appendice A della EN1998-3:2005 aggiungendo alla resistenza a taglio il contributo  $V_w$  del rivestimento in FRP. Il contributo del rinforzo FRP associato al  $V_w$  è calcolato in accordo all'espressione (A.12) dell'EC8: Parte 3, nel seguente modo:

$$V_{w,f} = 0,5 \rho_f b_w z f_{u,fd}$$

(A.33) EC8: Parte 3

dove  $\rho_f$  è il rapporto geometrico dell'FRP,  $z$  è la lunghezza del braccio della coppia interna e  $f_{u,fd}$  è il valore di progetto della resistenza ultima dell'FRP.

## **Deformazione Assiale degli Elementi Metallici**

Le Deformazioni Assiali degli Elementi di Controvento in trazione e compressione devono soddisfare le disposizioni delle tabelle B.2 e B.3 dell'Allegato B della EN1998-3:2005. Le deformazioni assiali delle colonne e delle travi in acciaio soggette a trazione devono soddisfare le prescrizioni della Tabella B.4 dell'Appendice B della EN1998-3:2005.

### **Forze Assiali degli Elementi Metallici**

Le capacità a forza assiale delle colonne, delle travi e degli elementi metallici in trazione e compressione devono soddisfare le prescrizioni delle sezioni 6.2.3 e 6.3 della EN1993-1.

### **Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio**

La verifica della capacità di rotazione alla corda viene eseguita solo per le colonne e le travi in acciaio, in accordo con la Tabella B.1 dell'Appendice B della EN1998-3:2005.

### **Members Flettenti Degli Elementi in Acciaio**

Le capacità a momento flettente delle colonne, delle travi e degli elementi in acciaio devono soddisfare le prescrizioni della sezione 6.2.9 della EN1993-1-1:2005.

## Forze Taglienti Degli Elementi in Acciaio

Le capacità a taglio delle colonne, delle travi e degli elementi in acciaio devono soddisfare le prescrizioni della sezione 6.2.6 della EN1993-1-1:2005.

## Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio

La resistenza all'instabilità di ogni elemento in acciaio è calcolata in termini di pressoflessione biassiale combinata e compressione assiale, secondo le equazioni (6.61) e (6.62) della sezione 6.3.3 della EN1993-1-1:2005.

## Forze di Taglio nei Nodi

La compressione diagonale indotta nel nodo dal meccanismo a puntone diagonale non deve essere maggiore della resistenza a compressione del calcestruzzo in presenza di deformazioni di trazione trasversali. La EN 1998-1: 2004 stabilisce che questo requisito debba essere soddisfatto mediante le seguenti regole:

Per nodi interni trave-colonna deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$V_{jhd} \leq \eta f_{cd} \sqrt{1 - \frac{v_d}{\eta}} b_j h_{jc} \quad (5.33) \text{ EC8: Parte 1}$$

Per nodi esterni trave-colonna l'equazione corrispondente è la seguente:

$$V_{jhd} \leq 80\% \eta f_{cd} \sqrt{1 - \frac{v_d}{\eta}} b_j h_{jc}$$

$V_{jhd}$  è il taglio orizzontale che agisce nella parte confinata di un nodo di intersezione tra una trave e un pilastro primari ed è determinato tenendo in considerazione le condizioni più sfavorevoli delle azioni sismiche, ossia le condizioni di "gerarchia delle resistenze" per le travi che delimitano il nodo e i più piccoli valori compatibili delle forze di taglio negli altri elementi. Le espressioni del taglio orizzontale che agisce nella parte di calcestruzzo confinato dei nodi sono le seguenti:

Per nodi interni trave-colonna:

$$V_{jhd} = \gamma_{Rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} - V_C \quad (5.22) \text{ EC8: Parte 1}$$

Per nodi esterni trave-colonna:

$$V_{jhd} = \gamma_{Rd} A_{s1} f_{yd} - V_C \quad (5.23) \text{ EC8: Parte 1}$$

Per informazioni sui valori nelle precedenti equazioni gli utenti possono far riferimento alle sezioni 5.5.3.3(2) e 5.5.2.3(2) della EN 1998-1:2004.

L'opzione di considerare gli sforzi nelle barre d'armatura dalle analisi piuttosto che gli sforzi di snervamento per il calcolo della domanda di forza di taglio orizzontale dei nodi nell'analisi non lineare è disponibile qui. In questo caso, le espressioni del taglio orizzontale che agisce nella parte di calcestruzzo confinato dei nodi sono le seguenti:

Per nodi interni trave-colonna:

$$V_{jhd} = (\Sigma A_{1i} \cdot \sigma_{1i} + \Sigma A_{2i} \cdot \sigma_{2i}) - V_C$$

Per nodi esterni trave-colonna:

$$V_{jhd} = \Sigma A_{1i} \cdot \sigma_{1i} - V_C$$

## Area delle Staffe Orizzontali nei Nodi

Secondo la EN 1998-1:2004, per limitare il massimo sforzo di trazione diagonale nel calcestruzzo, deve essere garantito un adeguato confinamento del nodo. Questo requisito può essere soddisfatto disponendo staffe orizzontali calcolate tramite la seguente espressione:

$$\frac{A_{sh} f_{ywd}}{b_j h_{jw}} \geq \frac{\left( \frac{V_{jhd}}{b_j h_{jc}} \right)^2}{f_{ctd} + v_d f_{cd}} - f_{ctd} \quad (5.35) \text{ EC8: Parte 1}$$

Dove  $A_{sh}$  è l'area totale delle staffe orizzontali e  $f_{ctb}$  è il valore di progetto della resistenza a trazione del calcestruzzo. Le definizioni degli altri valori possono essere trovate nella sezione 5.5.3.3(3) della EN 1998-1:2004.

In alternativa, l'integrità del nodo dopo la fessurazione diagonale può essere garantita da staffe di armatura orizzontali. L'area totale delle staffe orizzontali che deve essere disposta nel nodo è calcolata mediante le seguenti equazioni:

Per nodi interni:

$$A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} (A_{s1} + A_{s2}) f_{yd} (1 - 0,8 v_d) \quad (5.36a) \text{ EC8: Parte 1}$$

Per nodi esterni:

$$A_{sh} f_{ywd} \geq \gamma_{Rd} A_{s2} f_{yd} (1 - 0,8 v_d) \quad (5.36b) \text{ EC8: Parte 1}$$

Dove  $\gamma_{Rd}$  è pari a 1,2; le definizioni di tutti i parametri possono essere trovate nella sezione 5.5.3.3(4) della EN 1998-1:2004.

### Area di Armatura Verticale dei Nodi

Deve essere fornita anche un'adeguata armatura verticale della colonna che passa attraverso il nodo, secondo quanto prescritto nella sezione 5.5.3.3(6) della EN 1998-1:2004, affinché sia soddisfatta la seguente espressione:

$$A_{sv,i} \geq (2/3) A_{sh} (h_{jc}/h_{jw}) \quad (5.37) \text{ EC8: Parte 1}$$

Con  $A_{sv,i}$  che denota l'area totale delle barre intermedie disposte nei rispettivi lati della colonna tra le barre d'angolo della colonna, incluse le barre che contribuiscono all'armatura longitudinale delle colonne.

### Duttilità dei Nodi

Sia gli elementi strutturali che la struttura nel suo insieme dovrebbero possedere un'adeguata duttilità secondo la sezione 4.4.2.3 della EN 1998-1:2004. Negli edifici a telaio con due o più piani, in tutti i nodi delle travi sismiche primarie o secondarie con pilastri sismici primari deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\Sigma MR_c \geq 1,3 \Sigma MR_b \quad (4.29) \text{ EC8: Parte 1}$$

Dove  $\Sigma MR_c$  è la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti delle colonne che inquadrano il nodo e  $\Sigma MR_b$  è la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti delle travi che incorniciano il nodo. La verifica della duttilità non è effettuata per i nodi dell'ultimo piano degli edifici multipiano secondo la sezione 4.4.2.3(6) della EN 1998-1:2004.

### Capacità portante delle fondazioni

La rottura della capacità portante è verificata in base alle combinazioni degli effetti delle azioni applicate  $N_{ed}$ ,  $V_{ed}$ ,  $M_{ed}$ , secondo la norma EN 1998-5, 5.4.1.1 (8).

### Forze di scorrimento delle fondazioni

La rottura per scorrimento viene verificata secondo la norma EN 1998-5, capitolo 5.4.1.1 (6) verificando che la forza di scorrimento  $V_{ed}$  sulla base orizzontale non superi il valore fornito dalla seguente espressione:

$F_{Rd} + E_{pd}$

dove

$F_{Rd}$  è la resistenza all'attrito di progetto dei plinti e

$E_{pd}$  è la resistenza laterale di progetto derivante dalla pressione del terreno sul lato dei plinti.

### Capacità a flessione delle fondazioni

La verifica della capacità del momento flettente viene eseguita secondo la norma EN 1992-1-1. La domanda del momento flettente è calcolata mediante il puro sforzo  $\sigma_{net}$  agente sulla base orizzontale del plinto.

### Capacità a taglio delle fondazioni

La verifica della capacità di taglio viene eseguita secondo la norma EN 1992-1-1. La domanda di taglio è calcolata mediante il puro sforzo  $\sigma_{net}$  agente sulla base orizzontale del plinto.

### Capacità a punzonamento delle fondazioni

Il controllo della capacità di punzonamento viene effettuato come descritto nella norma EN 1992-1-1, capitolo 6.4.2.

### Eccentricità delle fondazioni

L'eccentricità del carico non deve superare 1/3 della dimensione in ciascuna direzione della fondazione secondo EN 1997-1, sezione 6.5.4. La verifica della doppia eccentricità è verificato se la somma dei quadrati delle eccentricità del carico nelle 2 direzioni orizzontali è inferiore a 1/9.

## CURVA DI CAPACITÀ

Ciascuna analisi pushover porta ad una curva di capacità, che rappresenta la relazione tra il taglio totale alla base e lo spostamento orizzontale di un punto rappresentativo della struttura, chiamato "nodo di controllo", con i valori dello spostamento di controllo che variano tra zero e un valore massimo definito dall'utente, che dovrebbe corrispondere al 150% dello spostamento target.

## SPOSTAMENTO TARGET

Lo spostamento target è definito come la domanda sismica derivata dallo spettro di risposta elastico in spostamento di un sistema equivalente ad un grado di libertà. Per definire lo spostamento target di un sistema a più gradi di libertà è necessario seguire una serie di passi in accordo con l'Appendice B della EN1998-1.

Si assume la seguente relazione tra le forze laterali normalizzate  $F_i$  e gli spostamenti normalizzati  $\Phi_i$ :

$$F_i = m_i \Phi_i$$

Dove  $m_i$  è la massa al piano i-esimo.

Gli spostamenti sono normalizzati in modo tale che  $\Phi_n=1$ , dove n è il nodo di controllo e di conseguenza  $F_n=m_n$ .

### Trasformazione in un sistema ad un grado di libertà (SDOF) equivalente

La massa di un sistema SDOF equivalente,  $m^*$ , è determinata come:

$$m^* = \sum m_i \Phi_i = \sum F_i$$

E il coefficiente di trasformazione è dato da:

$$\Gamma = \frac{m^*}{\sum m_i \Phi_i^2} = \frac{\sum F_i}{\sum \left( \frac{F_i^2}{m_i} \right)}$$

La forza  $F^*$  e lo spostamento  $d^*$  del sistema equivalente ad un grado di libertà sono calcolati come:

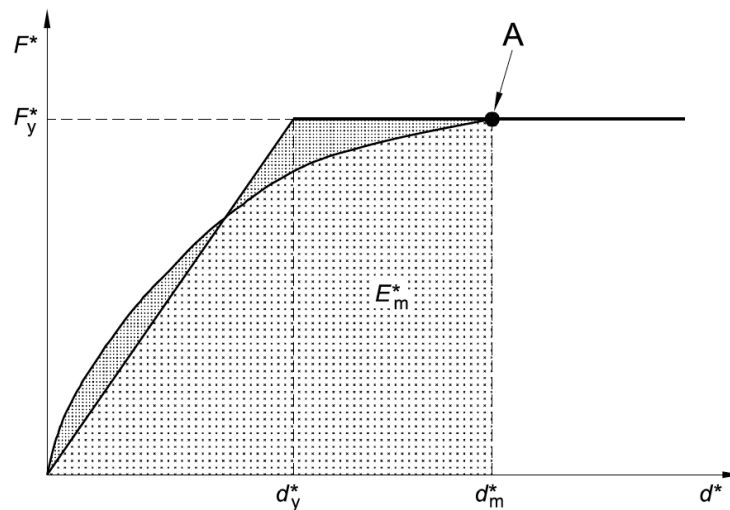
$$F^* = \frac{F_b}{\Gamma}$$

$$d^* = \frac{d_n}{\Gamma}$$

Dove  $F_b$  e  $d_n$  sono, rispettivamente, la forza di taglio alla base e lo spostamento del nodo di controllo del sistema a più gradi di libertà (MDOF).

#### Determinazione della relazione forza-spostamento idealizzata elastica-perfettamente plastica

La forza di snervamento  $F_y^*$ , che rappresenta anche la resistenza ultima del sistema idealizzato ad un grado di libertà, è pari alla forza di taglio totale alla base in corrispondenza della formazione del meccanismo plastico. La rigidezza iniziale del sistema idealizzato è determinata in maniera tale che le aree al di sotto della curva forza-spostamento reale e idealizzata siano uguali, come mostrato nella figura sottostante:



**Figura B.1 del EN 1998-1 - Determinazione della relazione forza-spostamento idealizzata elastica-perfettamente plastica**

Sulla base di questa ipotesi, lo spostamento a snervamento del sistema idealizzato ad un grado di libertà è dato da:

$$d_y^* = 2 \left( d_m^* - \frac{E_m^*}{F_y^*} \right)$$

Dove  $E_m^*$  è l'energia di deformazione reale fino alla formazione del meccanismo plastico.

#### Determinazione del periodo del sistema SDOF equivalente idealizzato

Il periodo  $T^*$  del Sistema SDOF equivalente idealizzato è determinate da:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y^*}{F_y^*}}$$

### Determinazione dello spostamento target per il sistema SDOF equivalente

Lo spostamento target della struttura con periodo  $T^*$  e comportamento elastico illimitato è dato da:

$$d_{et}^* = S_e(T^*) \left[ \frac{T^*}{2\pi} \right]^2$$

Dove  $S_e(T^*)$  è lo spettro di risposta elastico di accelerazione al periodo  $T^*$ .

Per la determinazione dello spostamento target  $d_t^*$  per strutture nell'intervallo di breve-periodo e per strutture negli intervalli di medio e lungo periodo si raccomanda di utilizzare espressioni differenti, come indicato sotto. Il 'corner period' tra l'intervallo di breve e medio periodo è  $T_c$ .

- Per  $T^* < T_c$  (intervallo di breve periodo)

Se  $F_y^*/m^* \geq S_e(T^*)$ , la risposta è elastica e allora

$$d_t^* = d_{et}^*$$

Se  $F_y^*/m^* < S_e(T^*)$ , la risposta è non-lineare e

$$d_t^* = \frac{d_{et}^*}{q_u} \left( 1 + (q_u - 1) \frac{T_c}{T^*} \right) \geq d_{et}^*$$

Dove  $q_u$  è il rapporto tra l'accelerazione nella struttura con comportamento elastico illimitato  $S_e(T^*)$  e nella struttura con resistenza limitata  $F_y^*/m^*$ .

$$q_u = \frac{S_e(T^*)m^*}{F_y^*}$$

- Per  $T^* \geq T_c$  (intervallo di medio e lungo periodo)

$$d_t^* = d_{et}^*$$

non è necessario che  $d_t^*$  ecceda 3  $d_{et}^*$

### Determinazione dello spostamento target per il sistema MDOF

Lo spostamento target del sistema MDOF è dato da:

$$d_t = \Gamma d_t^*$$

Si prega di notare che lo spostamento target corrisponde allo spostamento del nodo di controllo.

## Appendice A.2 – ASCE

In questa appendice sono descritti i parametri impiegati per la valutazione delle strutture in accordo la Normativa Americana per la Valutazione Sismica e Adeguamento degli Edifici Esistenti ASCE/SEI 41-23.

### TIPO DI ANALISI

La pratica attuale negli USA è regolata dalle ASCE 41-23: Valutazione Sismica e Adeguamento degli Edifici Esistenti in combinazione con la ACI 318: Requisiti Normativi degli Edifici per Strutture in Calcestruzzo e Commento, la ACI 440.2R-17: Guida alla Progettazione e alla Costruzione di Sistemi di Fasciatura Esterni per Strutture in Cemento e la ACI 369.1-22: Valutazione Sismica e Riqualficazione di Edifici in Cemento Esistenti - Codice e Commento.

In accordo con le ASCE 41-23, gli effetti dell'azione sismica in combinazione con gli effetti dei carichi permanenti e variabili sono valutati tramite uno dei seguenti metodi:

- Procedura Statica Lineare (LSP) in accordo con la sezione 7.4.1 delle ASCE 41-23;
- Procedura Dinamica Lineare (LDP) in accordo con la sezione 7.4.2 delle ASCE 41-23;
- Procedura Statica Non-Lineare (NSP) in accordo con la sezione 7.4.3 delle ASCE 41-23;
- Procedura Dinamica Non-Lineare (NDP) in accordo con la sezione 7.4.4 delle ASCE 41-23.

L'analisi statica non lineare è il metodo di riferimento per la valutazione della sicurezza sismica degli edifici esistenti. In SeismoBuild è stato pertanto implementato questo metodo, che si basa su analisi pushover effettuate sotto carichi gravitazionali costanti e carichi orizzontali crescenti in maniera monotona, applicati in corrispondenza della posizione delle masse nel modello, per simulare le forze d'inerzia indotte dall'azione sismica. Poiché il modello è in grado di cogliere sia le non linearità geometriche che le inelasticità dei materiali, questo metodo riesce a descrivere l'evoluzione dei meccanismi di rottura attesi e del danno strutturale.

Ciascuna analisi pushover porta ad una curva di capacità, che è una relazione tra la forza di taglio totale alla base e lo spostamento orizzontale di un punto rappresentativo della struttura, chiamato "nodo di controllo". La domanda al Livello di Prestazione considerato – Livello di Operatività, Immediata Occupazione, Salvaguardia della Vita e Prevenzione del Collasso – viene determinata confrontando in maniera appropriata la capacità ottenuta dalla curva di pushover e la richiesta di spostamento derivata dallo spettro di risposta elastico smorzato. Per fare ciò, gli spostamenti del "nodo di controllo" vengono definiti in termini di quantità spettrali relative ad un sistema equivalente ad un solo grado di libertà (SDOF) che è derivato dalla risposta a più gradi di libertà (MDOF) stimata in accordo con la sezione 7.4.3.3 of ASCE 41-23.

La domanda strutturale associata allo spostamento target acquisito deve soddisfare i criteri di verifica definiti nelle ASCE 41-23. Di conseguenza, la domanda degli elementi strutturali per le verifiche fragili (taglio) e duttili (deformazione di rotazione alla corda) è ritenuta conforme ai limiti che tengono conto: delle proprietà meccaniche della sezione; dell'interazione tra momento, taglio e carico assiale dell'elemento; e del degrado della resistenza/rigidezza associato alla richiesta di duttilità.

### RICHIESTE DI PRESTAZIONE

In accordo con le ASCE 41-23 sezione 2.4, gli obiettivi della valutazione o dell'adeguamento (Tabella C2-8) coerenti sia con il livello di prestazione che con l'azione sismica, fornendo una "probabilità accettabile di superamento durante il ciclo di vita dell'edificio" (progettazione sismica), come mostrato in Tabella C2-8 delle ASCE 41-23, riportata qui sotto.

Livello di Rischio Sismico	Livelli di Prestazione degli Edifici			
	Livello di Prestazione Operatività (1-A)	Livello di Prestazione Immediata Occupazione (1-B)	Livello di Prestazione Salvaguardia della Vita (3-C)	Livello di Prestazione Prevenzione del Collasso (5-D)
50%/50anni	a	b	c	d
BSE-1E (20%/50 anni)	e	f	g	h
BSE-2E (5%/50 anni)	i	j	k	l
BSE-2N (2%/50 anni)	m	n	o	p

**Tabella C2-8. Obiettivi di Prestazione**

I livelli di prestazione dell'edificio sono riferiti allo stato di danneggiamento della struttura definiti attraverso quattro stati limite, chiamati Livello di Operatività (1-A), Immediata Occupazione (1-B), Salvaguardia della Vita (3-C) e Prevenzione del Collasso (5-D).

#### Livello di Prestazione di Operatività (1-A)

Il livello di Operatività (1-A), in accordo con le ASCE 41-23, è una condizione per la quale ci si aspetta che il danno sia insignificante e la struttura non necessiti nessuna misura di riparazione. Gli elementi strutturali sono preservati da snervamenti significative e conservano le loro proprietà di resistenza e rigidezza. Le component non strutturali, come partizioni e tamponature non dovrebbero essere danneggiati.

#### Livello di Prestazione di Immediata Occupazione (1-B)

L'Immediata Occupazione dopo un terremoto (1-B), in accordo con le ASCE 41-23, è una condizione per la quale ci si aspetta che nessuna attività dell'edificio sia interrotta durante e dopo il sisma, con la possibile eccezione per le funzioni di minore importanza. Gli elementi strutturali mantengono le loro proprietà di resistenza e rigidezza. Possono verificarsi alcune micro-fessure nella struttura.

#### Livello di Prestazione di Salvaguardia della Vita (3-C)

La Salvaguardia della Vita (3-C), in accordo con le ASCE 41-23, è una condizione per la quale ci si aspetta che la struttura subisca un danno moderato durante un terremoto, sebbene non sembri essere economicamente vantaggioso da riparare. Gli elementi strutturali mantengono una resistenza e rigidezza residuali. Gli elementi non-strutturali sono danneggiati, nonostante le partizioni e tamponature non abbiano rottura fuori-piano. Sono presenti moderati spostamenti di interpiano.

#### Livello di Prestazione di Prevenzione del Collasso (5-D)

La Prevenzione del Collasso (5-D), in accordo con le ASCE 41-23, è una condizione per la quale ci si aspetta un danno severo alla struttura (non riparabile, in generale) durante il terremoto e probabilmente non sopporterà un altro sisma. La struttura risulta pesantemente danneggiata con resistenza e rigidezza laterali residue molto basse, sebbene gli elementi verticali siano in grado di sostenere ancora i carichi verticali. La maggior parte delle component non strutturali sono crollate e sono presenti ampi spostamenti interpiano permanenti.

I criteri per la selezione degli Obiettivi di Prestazione si possono trovare nelle ASCE 41-23.



## INFORMAZIONI PER LA VALUTAZIONE SISMICA

Al fine di scegliere il tipo di analisi ammissibile e gli appropriate fattori di confidenza, sono definiti i seguenti livelli di conoscenza:

- Conoscenza minima
- Conoscenza adeguata
- Conoscenza completa

I fattori che determinano il livello di conoscenza raggiunto sono i seguenti: (i) geometria, ossia le caratteristiche geometriche del sistema strutturale e degli elementi non strutturali (come i pannelli di tamponamento in muratura), che possono influenzare la risposta strutturale, (ii) dettagli, questi includono la quantità e i dettagli di armatura negli elementi in calcestruzzo armato, collegamenti fra membrature di acciaio, il collegamento dei diaframmi alle strutture resistenti alle forze laterali, le giunzioni di malta nelle murature e la natura di alcuni elementi di rinforzo nella muratura, (iii) materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali costituenti.

### Conoscenza minima

Le informazioni sono ottenute dai disegni costruttivi con sufficienti informazioni per analizzare la domanda dei componenti e calcolare la loro capacità. I disegni costruttivi mostrano lo schema dei carichi gravitazionali e lo schema delle forze sismiche. Le informazioni sono verificate tramite valutazione visiva.

In assenza di sufficienti informazioni dai disegni costruttivi, i dati incompleti o mancanti sono integrati da una valutazione della condizione globale, che include indagini distruttive e non distruttive. In assenza di prove sui materiali e certificati di garanzia di qualità si utilizzano i valori di progetto dei materiali in accordo con il capitolo 10 delle ASCE 41-23.

### Conoscenza adeguata

Le informazioni sono ottenute dai disegni costruttivi con sufficienti informazioni per analizzare la domanda dei componenti e calcolare la loro capacità. I disegni costruttivi mostrano lo schema dei carichi gravitazionali e lo schema delle forze sismiche. Le informazioni sono verificate tramite valutazione visiva.

In assenza di sufficienti informazioni dai disegni costruttivi, i dati incompleti o mancanti sono integrati da una valutazione della condizione globale, che include indagini distruttive e non distruttive. In assenza di prove sui materiali e certificati di garanzia di qualità si utilizzano i valori di progetto dei materiali in accordo con il capitolo 10 delle ASCE 41-23.

### Conoscenza completa

Le informazioni sono ottenute dai documenti di costruzione inclusi disegni esecutivi, schede tecniche, prove sui materiali e certificati di garanzia di qualità riguardanti la costruzione originale e le successive modifiche alla struttura. Le informazioni sono verificate tramite valutazione visiva.

Nei casi in cui i documenti di costruzione siano incompleti, le informazioni mancanti sono integrate da una valutazione della condizione globale, che include indagini distruttive e non distruttive. In assenza di prove sui materiali e certificati di garanzia di qualità si utilizzano i valori di progetto dei materiali in accordo con il capitolo 10 delle ASCE 41-23.

### Fattori di Confidenza

Nella seguente tabella delle ASCE 41-23 sono forniti un sommario e le raccomandazioni per i fattori di confidenza e i metodi di analisi da impiegare per ciascun livello di conoscenza.

Livello di Conoscenza						
Raccolta Dati	Minima		Adeguate		Completa	
Livello di Prestazione	Salvaguardia della Vita o inferiore		Salvaguardia della Vita o inferiore		maggiore di Salvaguardia della Vita	
Tipo di Analisi	LSP, LDP		Tutti		Tutti	
Test	Nessun test		Test tipici		Test completi	
Disegni	Disegni costruttivi o equivalenti		Disegni costruttivi o equivalenti		Documenti di costruzione	
Valutazione	Visiva	Visiva	Visiva	Approfondita	Visiva	Approfondita
Proprietà dei Materiali	Da valori di progetto (tipici)	Da disegni costruttivi	Da disegni costr. e test	Da test per livello tipico	Da documenti di costr. e test	Da test approfonditi
Fattore di confidenza (K)	0.75	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00

**Tabella 6-1 delle ASCE**

In accordo con la Sezione 6.2.3.2 di ASCE 41-23, quando si utilizzano procedure non lineari, deve essere eseguita una raccolta dati coerente con i livelli di conoscenza usuale o completa.

### Fattori di Sicurezza

Nelle ASCE 41-23 i fattori di sicurezza sono direttamente incorporati nella resistenza dei materiali e nei limiti di deformazione.

Negli elementi in cui il passo delle staffe non supera il 75% della larghezza effettiva dell'elemento nella direzione del taglio considerato, il contributo dell'armatura trasversale alla resistenza al taglio può essere assunto pari al 100%. Negli elementi in cui il passo delle staffe supera la larghezza effettiva dell'elemento misurata nella direzione del taglio, l'armatura trasversale può essere assunta come non contribuente alla resistenza al taglio. L'interpolazione lineare dovrebbe essere eseguita negli altri casi. Gli utenti possono decidere nella finestra di dialogo Fattori di Sicurezza, se imporre queste regole molto restrittive o meno. Per maggiori informazioni gli utenti possono fare riferimento alla sezione 4.2.3 delle ACI 369.1-22.

### MODELLI DI CAPACITÀ PER LA VALUTAZIONE E LE VERIFICHE DI SICUREZZA

Tutte le verifiche degli elementi in c.a. (capacità di rotazione alla corda e capacità a taglio) devono essere eseguite per tutti gli elementi di ogni piano, in accordo con il Capitolo 10 of ASCE 41-23, Capitolo 11 della ACI 318-19, Capitolo 4 della ACI 369.1-22 e Capitolo 11 della ACI 440, tenendo in considerazione la Tabellas 7-6 e 7-7 delle ASCE 41-23. Il rapporto di spostamento interpiano può essere verificato per pareti controllate dal taglio. Inoltre, è possibile eseguire le verifiche dei nodi trave-colonna al fine di controllare la forza di taglio nel nodo. Inoltre, tutte le verifiche degli elementi in acciaio devono essere eseguite per tutti gli elementi metallici di ogni piano, in conformità ai Capitoli 2 e 3 dell'AISC 342-22. In particolare, le verifiche delle travi in acciaio vengono effettuate secondo il Capitolo 2 dell'AISC 342-22, mentre le colonne e gli elementi metallici sono valutati in accordo con il Capitolo 3. Le travi che presentano una forza assiale pari o superiore al 10% della loro resistenza a compressione o a trazione sono classificate come colonne e, pertanto, sono valutate secondo il Capitolo 3 dell'AISC 342-22.

### Capacità di Deformazione

La capacità di deformazione di travi, pilastri e pareti strutturali è definita in termini di *rotazione rispetto alla corda*  $\theta$ , cioè dell'angolo tra la tangente all'asse all'estremità dello snervamento e la corda che collega quell'estremità con l'estremità della luce di taglio  $L_v = M/V$  (= momento/taglio alla sezione di estremità).

Tale rotazione (rispetto alla corda) è anche pari al rapporto di spostamento della membratura, cioè, l'inflessione all'estremità della luce di taglio rispetto alla tangente all'asse all'estremità dello snervamento, diviso per la luce di taglio.

La capacità di deformazione di travi e pilastri è fortemente influenzata dalla mancanza di adeguati dettagli antisismici nell'armatura longitudinale, così come dalla tipologia di barre impiegate, siano esse barre lisce o/e di acciaio fragile lavorato a freddo. Uno sviluppo inadeguato delle sovrapposizioni lungo la lunghezza delle travi e l'altezza dei pilastri e un ancoraggio inappropriato all'interno dei nodi trave-pilastro può governare la risposta dell'elemento all'azione sismica, limitando drasticamente la sua capacità rispetto alla situazione in cui l'armatura è considerata completamente efficace. Vengono prese, quindi, in considerazione le limitazioni, sopracitate, sulla capacità deformativa.

La capacità di rotazione alla corda ultima degli elementi in calcestruzzo sottoposti a carico ciclico è calcolata come somma della rotazione alla corda allo snervamento più la parte plastica della rotazione alla corda.

$$\theta = \theta_y + \theta_p$$

La rotazione alla corda allo snervamento,  $\theta_y$ , è calcolata come descritto sotto:

- Per travi e pilastri dall'equazione (4.29) di D.Biskinis (2007):

$$\theta_y = \frac{M_y L_s}{3EI_{eff}}$$

dove il valore di rigidezza effettiva,  $EI_{eff}$ , è calcolata in accordo con la Tabella 3.1.2.1 delle ASCE 41-23.

- Per pareti dall'equazione (7.4.1.1.1) delle ASCE 41-23:

$$\theta_y = \left( \frac{M_{CyGE}}{(E_c E)_{eff}} \right) l_p \quad (7.4.1.1.1)$$

ASCE 41-23

La parte plastica della capacità di rotazione alla corda è calcolata come indicato sotto:

- Per travi in accordo con la Tabella 4.2.2.2a delle ACI 369.1-22
- Per pilastri in accordo con la Tabella 4.2.2.2b e 4.2.2.2c delle ACI 369.1-22
- Per pareti controllate da flessione in accordo con la Tabella 7.4.1.1.1 delle ASCE 41-23 e per pareti controllate da taglio in accordo con la Tabella 7.4.1.1.2 delle ASCE 41-23

La capacità di deformazione delle pareti controllate da taglio è definita in termini rapporto di spostamento interpianto come indicato nella Tabella 7.4.1.1.3 delle ASCE 41-23.

La capacità del momento di snervamento è calcolata in accordo con le equazioni dell'Appendice A.7 KANEPE.

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

### **Fasciatura in FRP**

Il contributo del rivestimento in FRP alla capacità degli elementi è tenuta in considerazione nel calcolo della capacità del momento di snervamento.

### **Capacità a momento flettente**

La capacità a momento flettente di travi, pilastri e pareti a sezione prismatica è calcolata secondo il paragrafo 4.1 di D. Biskinis e MN Fardis (2009), mentre per la capacità a momento flettente dei pilastri circolari il riferimento è il paragrafo 4 di Biskinis e M.N. Fardis (2013).

## Resistenza a Taglio

La resistenza a taglio dei pilastri è calcolata attraverso la seguente espressione in accordo con la sezione 4.2.3.1 delle ACI 369.1-22.

$$V_n = kV_o = k \left[ \frac{A_v f_y d}{s} + \lambda \left( \frac{6\sqrt{f'_c}}{M/V_d} \sqrt{1 + \frac{N_u}{6\sqrt{f'_c} A_g}} \right) 0.8 A_g \right] \text{ (lb/in.}^2\text{)}$$

$$V_n = kV_o = k \left[ \frac{A_v f_y d}{s} + \lambda \left( \frac{0.5\sqrt{f'_c}}{M/V_d} \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.5\sqrt{f'_c} A_g}} \right) 0.8 A_g \right] \text{ (Mpa)} \quad (4.2.3.1) \quad \text{ACI}$$

369.1-22

La resistenza a taglio di una parete a taglio è calcolata dalla seguente espressione:

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) \quad (18.10.4.1) \text{ ACI 318-19}$$

Il valore di  $V_n$  ad ogni sezione orizzontale per il taglio di piano di una parete non dovrebbe essere assunto maggiore di  $0.83\sqrt{f'_c} h d$  in accordo con la sezione 11.5.4.3 delle ACI 318-19.

La resistenza a taglio delle sezioni della trave è calcolata dall'equazione (22.5.1.1) delle ACI 318-19, con la resistenza a taglio fornita dall'armatura trasversale calcolata dall'equazione (22.5.8.5.3) delle ACI 318-19 e dalla resistenza a taglio fornita dal calcestruzzo calcolata dal calcolo dettagliato della tabella 22.5.5.1 delle ACI 318-19.

Criteria	$V_c$	
$A_v \geq A_{v,min}$	Either of:	$\left[ 0.17\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d$ (a)
		$\left[ 0.66\lambda(\rho_w)^{1/3}\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d$ (b)
$A_v < A_{v,min}$	$\left[ 0.66\lambda_s\lambda(\rho_w)^{1/3}\sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d$ (c)	

**Tabella 22.5.5.1 delle ACI 318-19**

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

### Fasciatura in FRP

La resistenza a taglio  $V_n$  può essere calcolata dall'espressione (4.2.3.1) delle ACI 369.1-22 per pilastri o dall'equazione (22.5.1.1) della ACI 318-19 per travi e pareti aggiungendo a  $V_s$  il contributo della camicia in FRP resistenza a taglio.

Il contributo della camicia in FRP alla resistenza al taglio è calcolato dalla seguente espressione e moltiplicato per il fattore di riduzione  $\psi_f$ , come descritto nella sezione 11.4 della ACI 440:

$$V_f = \frac{A_{fv} f_{fe} (\sin \alpha + \cos \alpha) d_{fv}}{s_f} \quad (11.4a) \text{ ACI 440}$$

dove

$$A_{fv} = 2n t_f w_f \quad (11.4b) \text{ ACI 440}$$

e

$$f_{fe} = \epsilon_{fe} E_f \quad (11.4d) \text{ ACI 440}$$

La resistenza a taglio totale fornita dalla somma del rinforzo a taglio in FRP e dell'armatura trasversale a taglio deve essere limitata come indicato nell'equazione sottostante:

$$V_s + V_f \leq 8\sqrt{f'_c} b_w d \quad \text{in in-lb}$$

$$V_s + V_f \leq 0.66\sqrt{f'_c} b_w d \quad \text{in unità di misura SI} \quad (11.4.3) \text{ ACI 440}$$

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

### Deformazioni Assiali in Elementi Metallici

Le Deformazioni Assiali degli elementi di controvento in trazione e compressione devono soddisfare le disposizioni della tabella C3.4 dell' AISC 342-22. Le colonne in acciaio soggette a trazione sono considerate azioni controllate dalla deformazione e sono state verificate in termini di deformazione assiale in accordo con la Tabella C3.3 dell'AISC 342-22.

### Forze Assiali in Elementi Metallici

Le Forze Assiali degli elementi di controvento in trazione e compressione devono soddisfare le disposizioni della tabella C3.2 dell' AISC 342-22 e dei capitoli D ed E dell'AISC360-16. Le forze assiali delle colonne in acciaio soggette a trazione devono soddisfare le prescrizioni della Tabella C3.1 dell'AISC 342-22. Le colonne in acciaio soggette a compressione sono considerate azioni controllate dalla forza e sono state verificate in termini di resistenza a forza assiale secondo il Capitolo E dell'AISC 360-22. Le travi in acciaio soggette a trazione o compressione sono state verificate solo quando la forza assiale ottenuta dall'analisi è pari o superiore al 10% della loro resistenza a trazione o compressione, in conformità con il Capitolo 3 dell'AISC 342-22.

### Capacità di Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio

La verifica della capacità di rotazione alla corda viene eseguita per le colonne e gli elementi in acciaio in accordo con la Tabella C3.6 dell'AISC 342-22 e per le travi in acciaio secondo la Tabella C2.2 dell'AISC 342-22.

### Momento Flettente degli Elementi in Acciaio

Le capacità a momento flettente delle colonne e degli elementi in acciaio devono soddisfare le prescrizioni delle Sezioni 4a.2a.1 e 4a.2b del Capitolo C3 dell'AISC 342-22. Le travi in acciaio sono verificate secondo lo stesso criterio, trascurando la forza assiale quando essa è inferiore al 10% della resistenza a trazione o a compressione.

### Steel Member Shear Forces

Le capacità a taglio di ogni colonna e di ogni elemento in acciaio devono soddisfare le prescrizioni delle Sezioni 4a.3 e 4b.3 del Capitolo C3 dell'AISC 342-22.

## Forze di Taglio degli Elementi in Acciaio

Steel Le travi in acciaio soggette a taglio sono considerate azioni controllate dalla deformazione e sono verificate in termini di deformazione a taglio in accordo con la Tabella C2.4 dell'AISC 342-22.

Le deformazioni a taglio sono calcolate dividendo le forze di taglio ottenute dall'analisi per la rigidezza a taglio  $K_e \cdot L_v$ , come raccomandato dall'AISC 342-22 (Equazione C2.5) per la valutazione della deformazione di snervamento a taglio a partire dalla resistenza a taglio.

## Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio

La resistenza all'instabilità di ogni elemento in acciaio è calcolata in termini di pressoflessione biassiale combinata e compressione assiale, in accordo con le Sezioni 4a.2a.2 e 4a.2b del Capitolo C3 dell'AISC 342-22.

## Forza di Taglio nei Nodi

L'equazione della sezione 4.2.3.2.2 delle ACI 369.1-22 è impiegata per il calcolo della resistenza a taglio dei nodi:

$$V_n = \lambda \gamma \sqrt{f'_c} A_j \quad (\text{lb/in.}^2)$$

$$V_n = 0.083 \lambda \gamma \sqrt{f'_c} A_j \quad (\text{MPa}) \quad (4.2.3.2.2a) \quad \text{ACI 369.1-22}$$

Il valore di  $\gamma$  è definito nella Tabella 4.2.3.2.2 of ACI 369.1-22.

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

## Duttilità dei Nodi

Sia gli elementi strutturali che la struttura nel suo insieme devono possedere un'adeguata duttilità secondo la sezione 18.7.3 della EN ACI 318-19. Negli edifici a telaio con due o più piani, in tutti i nodi delle travi sismiche primarie o secondarie con pilastri sismici primari deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\Sigma M_{nc} \geq (6/5) \Sigma M_{nb} \quad (18.7.3.2) \text{ ACI 318-19}$$

Dove  $\Sigma M_{nc}$  è la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti dei pilastri che inquadrano il nodo e  $\Sigma M_{nb}$  è la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti delle travi che incorniciano il nodo. La verifica della duttilità non è effettuata per i nodi dell'ultimo piano degli edifici multipiano secondo la sezione 18.7.3.1 dell'ACI 318-19.

## Capacità a momento di rocking delle fondazioni

La capacità del momento di rocking è verificata secondo la norma ASCE 41-23, capitolo 8.4.5.2.

## Capacità di rotazione di rocking delle fondazioni

La capacità di rotazione di rocking è verificata secondo la norma ASCE 41-23, capitolo 8.4.5.3.

## Capacità a flessione delle fondazioni

La verifica della capacità del momento flettente viene eseguita secondo la norma ACI 318-19. La domanda di momento flettente è calcolata mediante il puro sforzo  $\sigma_{\text{net}}$  agente sulla base orizzontale del plinto.

### Capacità a taglio delle fondazioni

La verifica della capacità di taglio viene eseguita secondo la norma ACI 318-19, capitolo 22.5.5.1. La domanda di taglio è calcolata mediante il puro sforzo  $\sigma_{net}$  agente sulla base orizzontale del plinto.

### Capacità a punzonamento delle fondazioni

La verifica della capacità di punzonamento viene effettuato come descritto nella norma ACI 318-19, capitolo 22.6.5.

### Eccentricità delle fondazioni

L'eccentricità del carico non deve superare 1/3 della dimensione in ciascuna direzione della fondazione secondo la norma EN 1997-1, capitolo 6.5.4. La verifica della doppia eccentricità è verificata se la somma dei quadrati delle eccentricità del carico nelle 2 direzioni orizzontali è inferiore a 1/9.

### CURVA DI CAPACITÀ

Ciascuna analisi pushover porta ad una curva di capacità, che rappresenta la relazione tra il taglio totale alla base e lo spostamento orizzontale di un punto rappresentativo della struttura, chiamato "nodo di controllo", con i valori dello spostamento di controllo che variano tra zero e un valore massimo definito dall'utente.

### SPOSTAMENTO TARGET

Lo spostamento target  $\delta_t$  (§ 7.4.3.3 delle ASCE 41-23) deve essere calcolato tenendo in considerazione tutti i fattori rilevanti che influiscono lo spostamento di un edificio che risponde in modo anelastico. Si consente di considerare lo spostamento di un sistema elastico ad un grado di libertà con un periodo fondamentale uguale al periodo fondamentale dell'edificio soggetto all'azione sismica, per la quale le verifiche sono state eseguite. si necessita una opportuna correzione, al fine di derivare il corrispettivo spostamento dell'edificio assunto che risponda come un sistema elastico perfettamente plastico.

Per edifici con diaframma rigido ad ogni livello, lo spostamento target deve essere calcolato ad ogni piano. Lo spostamento target deve essere calcolato in accordo con l'equazione (7-29) delle ASCE 41-23 o da una procedura approvata che tiene in conto della risposta non-lineare dell'edificio.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_\alpha \left( \frac{T_e^2}{4\pi^2} \right) g \quad (7-29) \text{ASCE 41-23}$$

dove  $S_\alpha$  è l'accelerazione derivante dallo spettro di risposta corrispondente al periodo fondamentale e al rapporto di smorzamento dell'edificio nella direzione considerata, come calcolata nella Sezione 2.3.1 o 2.3.3 delle ASCE 41-23 e,  $C_0$ ,  $C_1$  e  $C_2$  sono fattori di correzione che sono definiti come segue:

$C_0$ : i fattori di Correzione che correlano lo spostamento spettrale di un sistema equivalente ad un grado di libertà (SDOF) con lo spostamento in sommità di un edificio di un sistema a più gradi di libertà (MDOF) calcolati usando l'appropriato valore dalla Tabella 7-5.

Numero di Piani	Shear buildings		Altri Edifici
	Schema di Carico Triangolare (1.1, 1.2, 1.3)	Schema di Carico Uniforme (2.1)	Altri Schemi di Carico
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10+	1.3	1.2	1.5

**Tabella 7-5 delle ASCE 41-23: Valori del Fattore di Correzione  $C_0$**

$C_1$ : Fattore di Correzione che correla gli spostamenti massimi anelastici attesi a quelli calcolati per la risposta lineare elastica. Per periodi inferiori a 0.2s,  $C_1$  non può essere preso maggiore del valore a  $T=0.2s$ .

$C_1=1.0$  per  $T \geq 1s$ , e

$$C_1 = 1 + \frac{\mu_{strength}^{-1}}{\alpha T_e^2} \text{ per } 0.2s \leq T < 1s, \quad (7-30)ASCE 41-23$$

dove  $\alpha$  è il fattore di categoria di sito (è pari a 130 per categoria A or B, 90 per C e 60 per D, E, or F),  $T_e$  è il periodo fondamentale dell'edificio nella direzione considerata e  $\mu_{strength}$  è il rapporto tra la domanda di resistenza elastica e il coefficiente di resistenza allo snervamento calcolata in accordo con l'equazione(7-32) delle ASCE 41-23.

$C_2$ : Fattore di Correzione che tiene conto dei picchi di isteresi, la degradazione ciclica della rigidezza, e la degradazione della resistenza per massimo spostamento in risposta. Per periodi maggiori di 0.7,  $C_2=1.0$ ;

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} \left( \frac{\mu_{strength}^{-1}}{T_e} \right)^2 \quad (7-31)ASCE 41-23$$

Dove il rapporto di resistenza  $\mu_{strength}$  è calcolato in accordo con la seguente equazione:

$$\mu_{strength} = \frac{S_{\alpha}}{V_y/W} C_m \quad (7-32)ASCE 41-23$$

$C_m$  è fattore di massa effettiva i cui valori sono in accordo con la Tabella 7-4 delle ASCE 41-23.

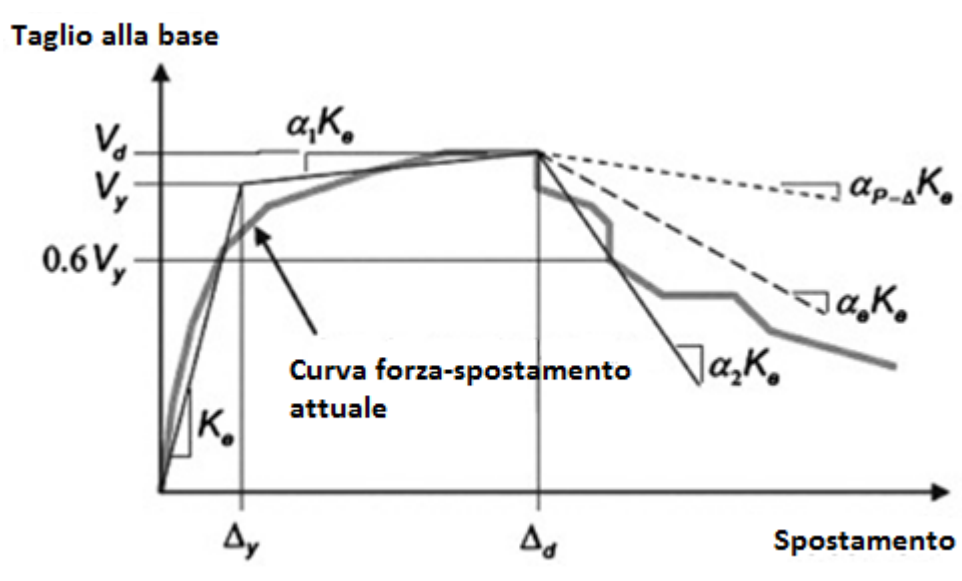
**NOTA: Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.**

### ***Determinazione della curva forze-spostamenti idealizzata elastica perfettamente-plastica***

La curva non-lineare forza-spostamento che correla il taglio alla base con il relativo spostamento del nodo di controllo deve essere sostituita da una curva idealizzata per la determinazione della rigidezza  $K_e$  e la corrispettiva resistenza di snervamento  $V_y$  dell'edificio.

Si raccomanda che la curva di capacità idealizzata (forza-spostamento) sia bilineare, con una pendenza del primo ramo pari a  $K_e$  e una pendenza del secondo ramo pari a  $\alpha_1 K_e$ . Le due rette che compongono la curva bilineare possono essere determinate graficamente, tramite il criterio approssimato di equivalenza delle aree definite al di sotto della curva reale ed idealizzata. (Figura 7-3 delle ASCE 41-23).





**Figura 7-3 delle ASCE 41-23 Curva Idealizzata Forza - Spostamento**

La rigidezza equivalente laterale  $K_e$  è determinata come la rigidezza secante che corrisponde al taglio alla base pari al 60% della resistenza effettiva resistenza a  $V_y$ , quest'ultima definita dall'intersezione delle curve suddette. La pendenza ( $\alpha_1$ ) del secondo ramo è determinata dalla linea retta passante attraverso il punto  $(V_d, \Delta_d)$  e il punto all'intersezione con il primo segmento tale che le aree al di sopra e al di sotto di questa siano approssimativamente uguali.  $(V_d, \Delta_d)$  deve essere un punto della curva forza-spostamento reale allo spostamento target considerato, o allo spostamento corrispondente al taglio massimo, qualunque sia il minimo.

#### **Determinazione del periodo fondamentale**

Il periodo fondamentale effettivo nella direzione presa in considerazione deve essere stimato basandosi sulla curva idealizzata forza-spostamento.

Il valore  $T_e$  del periodo fondamentale effettivo è derivato dalla seguente espressione:

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} \quad (7-28) \text{ASCE 41-23}$$

dove  $T_i$  è il periodo fondamentale elastico nella direzione considerata, ed è derivato dall'analisi agli autovalori,  $K_i$  è la rigidezza laterale elastica corrispondente e  $K_e$  è la rigidezza laterale effettiva.

## Appendice A.3 – NTC-18

In questa appendice sono descritti i parametri impiegati per la valutazione delle strutture in accordo con la Normativa Italiana in materia antisismica, ossia le Norme Tecniche per le Costruzioni, nel seguito chiamate NTC-18.

### TIPOLOGIE DI ANALISI

La pratica attuale in Italia, per quanto riguarda la valutazione delle strutture esistenti, è regolata dalle NTC-18: Norme Tecniche per le Costruzioni.

In accordo con le NTC-18, gli effetti delle azioni sismiche in combinazione con gli effetti delle azioni permanenti e variabili sono valutati impiegando uno dei seguenti metodi:

- Analisi linear elastica;
- Analisi plastica;
- Analisi Non-lineare.

L'analisi statica non lineare è il metodo di riferimento per la valutazione della sicurezza sismica degli edifici esistenti ed è quello impiegato in SeismoBuild. Si basa su analisi pushover effettuate sotto carichi gravitazionali costanti e carichi orizzontali crescenti in maniera monotona, applicati in corrispondenza della posizione delle masse nel modello, per simulare le forze d'inerzia indotte dall'azione sismica. Poiché il modello è in grado di cogliere sia le non linearità geometriche che le inelasticità dei materiali, questo metodo riesce a descrivere l'evoluzione dei meccanismi di rottura attesi e del danno strutturale.

Ciascuna analisi pushover porta ad una curva di capacità, che è una relazione tra la forza di taglio totale alla base e lo spostamento orizzontale di un punto rappresentativo della struttura, chiamato "nodo di controllo". La domanda allo Stato Limite considerato – Collasso, Salvaguardia della Vita, Danno od Operatività – viene determinata confrontando in maniera appropriata la capacità ottenuta dalla curva di pushover e la richiesta di spostamento derivata dallo spettro di risposta elastico smorzato. Per fare ciò, gli spostamenti del "nodo di controllo" vengono definiti in termini di quantità spettrali relative ad un sistema equivalente ad un solo grado di libertà (SDOF) che è derivato dalla risposta a più gradi di libertà (MDOF) stimata in accordo con la C7.3.4 delle NTC-18.

La domanda strutturale associata allo spostamento target acquisito deve soddisfare i criteri di verifica definiti nelle NTC-18. Di conseguenza, la domanda degli elementi strutturali per le verifiche fragili (taglio) e duttili (deformazione di rotazione alla corda) è ritenuta conforme ai limiti che tengono conto: delle proprietà meccaniche della sezione; dell'interazione tra momento, taglio e carico assiale dell'elemento; e del degrado della resistenza/rigidezza associato alla richiesta di duttilità e alla risposta ciclica degli elementi in cemento armato, attraverso un'appropriata considerazione dell'inelasticità del materiale.

### REQUISITI PRESTAZIONALI

In accordo con le NTC-18, i requisiti prestazionali fanno riferimento allo stato di danneggiamento della struttura definito tramite quattro stati limite, chiamati, rispettivamente, Stato Limite di Collasso (SLC), Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana (SLV), Stato Limite di Danno (SLD) e Stato Limite di Operatività (SLO).

#### Stato Limite di Collasso (SLC)

Secondo le NTC-18, lo stato limite di Collasso (SLC) può essere selezionato quando, a seguito del terremoto 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. Il livello appropriato di protezione è raggiunto scegliendo un'azione sismica con un periodo di ritorno di 975 anni, corrispondente ad una probabilità di superamento del 5% in 50 anni.

### Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana (SLV)

Secondo le NTC-18, lo stato limite di Salvaguardia della Vita umana (SLV) può essere selezionato quando, 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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali. Il livello appropriato di protezione è raggiunto scegliendo un'azione sismica con un periodo di ritorno di 475 anni, corrispondente ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

### Stato Limite di Danno (SLD)

Secondo le NTC-18, lo stato limite di Danno (SLD) può essere selezionato quando, a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, 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 rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature. Il livello appropriato di protezione è raggiunto scegliendo un'azione sismica con un periodo di ritorno di 50 anni, corrispondente ad una probabilità di superamento del 63% in 50 anni.

### Stato Limite di Operatività (SLO)

Secondo le NTC-18, lo stato limite di Operatività (SLO) può essere selezionato quando, a seguito del terremoto, la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi. Il livello appropriato di protezione è raggiunto scegliendo un'azione sismica con un periodo di ritorno di 30 anni, corrispondente ad una probabilità di superamento del 81% in 50 anni.

## INFORMAZIONI PER LA VALUTAZIONE STRUTTURALE

Al fine della scelta del tipo di analisi ammissibile e dei valori appropriati del fattore di confidenza, si distinguono i seguenti tre livelli di conoscenza:

- LC1: Conoscenza Limitata
- LC2: Conoscenza Adeguata
- LC3: Conoscenza Accurata

I fattori che determinano il livello di conoscenza raggiunto sono i seguenti: (i) geometria, ossia le caratteristiche geometriche del sistema strutturale e degli elementi non strutturali (come i pannelli di tamponamento in muratura), che possono influenzare la risposta strutturale, (ii) dettagli, questi includono la quantità e i dettagli di armatura negli elementi in calcestruzzo armato, collegamenti fra membrature di acciaio, il collegamento dei diaframmi alle strutture resistenti alle forze laterali, le giunzioni di malta nelle murature e la natura di alcuni elementi di rinforzo nella muratura, (iii) materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali costituenti.

### LC1: Conoscenza Limitata

Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso un rilievo visivo a campione dovrà essere effettuato per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare.

Dettagli costruttivi: i dettagli non sono disponibili da disegni costruttivi e devono venire ricavati sulla base di un progetto simulato eseguito secondo la pratica dell'epoca della costruzione. È richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire verifiche locali di resistenza.

Proprietà dei materiali: non sono disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né da disegni costruttivi né da certificati di prova. Si adotteranno valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati da limitate prove in-situ sugli elementi più importanti.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza limitata verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare statici o dinamici.

## LC2: Conoscenza Adeguata

Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso un rilievo visivo a campione dovrà essere effettuato per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

Dettagli costruttivi: i dettagli sono noti da un'estesa verifica in-situ oppure parzialmente noti dai disegni costruttivi originali incompleti. In quest'ultimo caso è richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

Proprietà dei materiali: informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova, o da estese verifiche in-situ. Nel primo caso dovranno anche essere eseguite limitate prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, dovranno essere eseguite estese prove in-situ. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza adeguata verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

## LC3: Conoscenza Accurata

Geometria: la geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso un rilievo visivo a campione dovrà essere effettuato per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

Dettagli costruttivi: i dettagli sono noti o da un'esauritiva verifica in-situ oppure dai disegni costruttivi originali. In quest'ultimo caso è comunque richiesta una limitata verifica in-situ delle armature e dei collegamenti presenti negli elementi più importanti. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

Proprietà dei materiali: informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali sono disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali, o da esaustive verifiche in-situ. Nel primo caso dovranno anche essere eseguite estese prove in-situ; se i valori ottenuti dalle prove in-situ sono minori di quelli disponibili dai disegni o dai certificati originali, dovranno essere eseguite esaustive prove in-situ. I dati raccolti saranno tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza accurata verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

## Fattori di Confidenza

Nella seguente tabella della sezione C8.5.4.2 della Circolare Applicativa delle NTC-18, vengono forniti un riassunto e le raccomandazioni sui fattori di confidenza e i conseguenti metodi di analisi ammessi per ciascun livello di conoscenza.

Livelli di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli Strutturali	Proprietà dei Materiali	Metodi di Analisi	FC
LC1	Da disegni originali di carpenteria con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo con le norme dell'epoca e limitate verifiche in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e limitate prove in situ	Analisi Lineare Statica o Dinamica	1.35
LC2		Dettagli costruttivi incomplete con limitate verifiche in situ <b>oppure</b> estese verifiche in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in situ <b>oppure</b> estese prove in situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi complete con limitate verifiche in situ <b>oppure</b> esaustive verifiche in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con estese prove in situ <b>oppure</b> esaustive prove in situ	Tutti	1.00

**Tabella C8.5. IV della Circolare Applicativa delle NTC-18- Livelli di Conoscenza in funzione delle informazioni disponibili, conseguenti metodi di analisi e valori ammissibili dei fattori di confidenza per edifici in cemento armato e in acciaio**

## Fattori di Sicurezza

I valori dei fattori di sicurezza e le equazioni normative impiegate all'interno di SeismoStruct possono essere specificati attraverso la finestra di dialogo che viene aperta premendo il pulsante corrispondente. Si precisa che i valori di default dei fattori di sicurezza presentati all'interno del programma sono quelli definiti nelle NTC-18.

Descrizione	Valore
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità a taglio, elementi primari (C8.7.2.8)	1,150
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità a taglio, elementi secondari (C8.7.2.8)	1,000
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità di rotazione alla corda $\theta_u$ , sezioni rettangolari & elementi primari (C8.7.2.1)	1,500
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità di rotazione alla corda $\theta_u$ , sezioni rettangolari & elementi secondari (C8.7.2.1)	1,000
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità di rotazione alla corda $\theta_u$ , sezioni circolari & elementi primari (C8.7.2.1)	1,600
Fattore $\gamma_{el}$ per il calcolo della capacità di rotazione alla corda $\theta_u$ , sezioni circolari & elementi secondari (C8.7.2.1)	1,000
Fattore Parziale $\gamma_c$ per calcestruzzo (4.1.17)	1,500
Fattore Parziale $\gamma_s$ per acciaio (4.1.17)	1,150
Fattore $\alpha_{cc}$ per calcestruzzo (4.1.4)	0,850
Fattore Parziale $\gamma_m$ per il tipo di applicazione dei Polimeri Fibro-Rinforzati [CNR-DT 200 R1/2013: (3.2)]	1,500
Fattore parziale per il taglio $\gamma_{fd}$ per materiali compositi fibro-rinforzati, FRP [CNR-DT 200 R1/2013: (4.20)]	1,200
Fattore $\gamma_{RD}$ per nodi trave-colonna (EN 1998-1:2004, Sezione 5.5.2.3)	1,200

## Modulo Fattori di Sicurezza

### MODELLI DI CAPACITÀ PER LA VALUTAZIONE E LE VERIFICHE DI SICUREZZA

Tutte le verifiche (capacità di rotazione alla corda e resistenza a taglio) devono essere svolte per tutti gli elementi di ogni piano, in accordo con la sezione 4.1.2.3.5 delle NTC-18 e la sezione C8.7.2.3 della Circolare Applicativa, considerando gli elementi come primari o secondari dal punto di vista della resistenza sismica (sezione 7.2.3 delle NTC-18). Inoltre, è possibile effettuare le verifiche dei nodi trave-pilastro per controllare (i) la trazione diagonale e (ii) la compressione diagonale del nodo. Infine, se necessario, è possibile eseguire le verifiche degli spostamenti interpiano per gli elementi verticali di ciascun piano, in accordo con la sezione 7.3.6.1 delle NTC-18.

### Capacità di deformazione

La capacità di deformazione di travi, pilastri e pareti strutturali è definita in termini di *rotazione rispetto alla corda  $\theta$* , cioè dell'angolo tra la tangente all'asse all'estremità dello snervamento e la corda che collega quell'estremità con l'estremità della luce di taglio  $L_V = M/V$  (= momento/taglio alla sezione di estremità). Tale rotazione (rispetto alla corda) è anche pari al rapporto di spostamento della membratura, cioè, l'inflessione all'estremità della luce di taglio rispetto alla tangente all'asse all'estremità dello snervamento, diviso per la luce di taglio.

La capacità di deformazione di travi e pilastri è fortemente influenzata dalla mancanza di adeguati dettagli antisismici nell'armatura longitudinale, così come dalla tipologia di barre impiegate, specie se barre lisce. Uno sviluppo inadeguato delle sovrapposizioni lungo la lunghezza delle travi e l'altezza dei pilastri e un ancoraggio inappropriato all'interno dei nodi trave-pilastro può governare la risposta dell'elemento all'azione sismica, limitando drasticamente la sua capacità rispetto alla situazione in cui l'armatura è considerata completamente efficace. Vengono prese, quindi, in considerazione le limitazioni, sopracitate, sulla capacità di deformazione.

Il valore della capacità di rotazione alla corda per lo stato limite di collasso (SLC) è il valore della capacità di rotazione ultima totale rispetto alla corda delle membrature di calcestruzzo sotto carichi ciclici, e può essere calcolata con le seguenti espressioni:

Per travi e pilastri:

$$\theta_u = \frac{1}{\gamma_{el}} \cdot 0,016 \cdot (0,3^v) \left[ \frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega)} f_c \right]^{0,225} \cdot \left( \frac{L_v}{h} \right)^{0,35} 25^{\left( \alpha_{psx} \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1,25^{100\rho_d})$$

(8.7.2.1) Circolare Applicativa delle NTC-18

Dove  $\gamma_{el}$  è pari a 1,5 per gli elementi primari e a 1,0 per quelli secondari;  $L_v$  è la luce di taglio. I rimanenti parametri rilevanti sono definiti nella sezione C8A.6.1 della Circolare Applicativa delle NTC-18.

Per le pareti il valore dato dall'espressione precedente deve essere diviso per 1.6.

La capacità di rotazione alla corda corrispondente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana (SLV) è assunto pari ai  $\frac{3}{4}$  della capacità ultima di rotazione alla corda, calcolata con la precedente espressione.

La capacità che corrisponde agli Stati Limite di Operatività (SLO) e di Danno (SLD) è data dalla rotazione alla corda a snervamento, valutata come:

Per travi e pilastri:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_v}{3} + 0,0013 \left( 1 + 1,5 \frac{h}{L_v} \right) + 0,13 \varphi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}} \quad (8.7.2.7a) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

Per pareti:

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_v}{3} + 0,002 \left( 1 - 0,125 \frac{L_v}{h} \right) + 0,13 \varphi_y \frac{d_b f_y}{\sqrt{f_c}} \quad (8.7.2.7b) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

I principali parametri sono definiti nella sezione C8.7.2.3.4 della Circolare Applicativa NTC-18.

La curvatura a snervamento della sezione terminale è calcolata in accordo con le seguenti espressioni, per le sezioni in cui la zona compressa presenta una larghezza costante e per il caso in cui lo snervamento della sezione è causato dallo snervamento dell'acciaio.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d}$$

Se la sezione snerva a causa delle nonlinearità di deformazione del calcestruzzo in compressione, ossia per deformazione delle fibre compresse di estremità superiore a  $\varepsilon_c \approx 1,8 f_c / E_c$ , allora la curvatura a snervamento è calcolata secondo la seguente espressione:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1,8 f_c}{E_c \xi_y d}$$

Per il calcolo della capacità di rotazione alla corda viene utilizzato il più piccolo dei valori indicati sopra.

In accordo con la sezione C8.7.2.3.2 della Circolare Applicativa delle NTC-18, la capacità di rotazione alla corda è fortemente influenzata da un certo numero di differenti fattori, come il tipo di barre longitudinali. Se le membrature presentano barre longitudinale lisce, la capacità ultima di rotazione alla corda viene moltiplicata per il fattore calcolato dall'equazione 8.7.2.4 della Circolare Applicativa delle NTC-18, considerando anche se le barre sono ben giuntate o meno, impiegando il fattore della 8.7.2.3.

Nel caso di elementi privi di adeguati dettagli locali per la resistenza sismica la rotazione alla corda ultima è moltiplicata per 0,85.

Nel caso di pilastri circolari, le equazioni presentate sopra non possono essere impiegate per il calcolo della capacità di rotazione alla corda degli elementi. In SeismoStruct sono impiegate le seguenti equazioni, suggerite da D. Biskinis e M.N. Fardis [2013] per  $\theta_y$  e  $\theta_u$ .

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_v + \alpha_v z}{3} + 0.0027 \left( 1 - \min \left( 1; \frac{2 L_s}{15 D} \right) \right) + \alpha_{sl} \frac{\varphi_y d_{bl} f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

Dove i valori  $f_y$  e  $f_c$  sono in MPa,  $\alpha_v=1$  se  $V_{Rc} < V_{My}$ ,  $V_{Rc}$  è calcolato in accordo con l'Eurocodice 2 (CEN 2004), altrimenti  $\alpha_v=0$ , e  $\alpha_{sl}=0$  se è fisicamente impossibile il pull-out delle barre tese dalla loro zona di ancoraggio oltre l'estremità di snervamento, altrimenti  $\alpha_{sl}=1$ .

$$\theta_u = (\theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{pl} (1 - 0.5 L_{pl} / L_s) + \alpha_{sl} \Delta \theta_{u,slip}) / \gamma_{el}$$

Dove  $\gamma_{el}$  è pari a 2.0 per gli elementi primari e a 1.0 per quelli secondari, e  $\Delta \theta_{u,slip}$  e  $L_{pl}$  sono calcolati in accordo con le seguenti equazioni:

$$\Delta \theta_{u,slip} = 10 d_{bl} (\varphi_u + \varphi_y) / 2$$

$$L_{pl} = 0.6 D \left[ 1 + \frac{1}{6} \min \left( 9; \frac{L_s}{D} \right) \right]$$

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

### Incamiciatura in c.a.

I valori degli elementi incamiciati per  $M_y^*$ ,  $\theta_y^*$  e  $\theta_u^*$  utilizzati nelle verifiche di capacità dipendono dal corrispondente valore calcolato secondo le richieste della sezione C8.7.4.2.1 della Circolare Applicativa delle NTC-18:

Il momento di snervamento:

$$M_y^* = 0.9 M_y \quad (8.7.4.2) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

La rotazione alla corda allo snervamento:

$$\theta_y^* = 0.9 \theta_y \quad (8.7.4.3) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

La rotazione alla corda ultima:

$$\theta_u^* = \theta_u \quad (8.7.4.4) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

### Fasciatura in FRP

Il contributo della fasciatura in FRP alla resistenza degli elementi è tenuta in considerazione in accordo con l'Allegato A della EN1998-3:2005, come riportato in seguito:

L'effetto della fasciatura in FRP alla resistenza flessionale a snervamento degli elementi, calcolata in accordo con l'equazione C8.7.4.2.3 della Circolare Applicativa delle NTC-18, viene trascurato.

La capacità di rotazione alla corda per elementi di sezione rettangolare con angoli arrotondati è calcolata attraverso l'espressione 8.7.2.1 della Circolare Applicativa delle NTC-18, rispettivamente, con l'esponente dovuto al confinamento incrementato di  $\alpha \rho_f f_{te}$ , dove  $\alpha$  è il fattore di confinamento efficace,  $\rho_f$  il rapporto di FRP parallelo alla direzione del carico e  $f_{te}$  lo sforzo effettivo dato dall'equazione (A.35) dell'EC8: Parte 3.



### Capacità a momento flettente

La capacità a momento flettente di travi, pilastri e pareti a sezione prismatica è calcolata secondo il paragrafo 4.1 di D. Biskinis e MN Fardis (2009), mentre per la capacità a momento flettente dei pilastri circolari il paragrafo di riferimento è il paragrafo 4 di Biskinis e M.N. Fardis (2013).

### Resistenza a Taglio

La resistenza a taglio è calcolata attraverso le espressioni definite nella sezione 4.1.2.3.5 delle NTC-18 e sezione C.8.7.2.3.5 della Circolare Applicativa delle NTC-18, dipendenti dal valore di domanda di duttilità.

Nel caso in cui il valore di domanda di duttilità sia minore di 1, la resistenza a taglio è calcolata dall'equazione 4.1.23 delle NTC-18, che corrisponde alla resistenza dell'elemento senza considerare le armature trasversali:

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

Quando il valore di domanda di duttilità è compreso tra 1 e 2, allora la resistenza a taglio è uguale al Massimo valore ottenuto dall'equazione 4.1.29 delle NTC-18 e 8.7.2.8 della Circolare Applicativa NTC-18.

L'equazione 4.1.29 delle NTC-18 corrisponde alla resistenza a taglio degli elementi tenendo in considerazione l'armatura trasversale.

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.29) \text{ NTC-18}$$

dove  $V_{Rsd}$  è la resistenza a taglio che corrisponde al contributo dell'armatura a taglio calcolata in accordo con la seguente equazione:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad (4.1.27) \text{ NTC-18}$$

e  $V_{Rcd}$  è la resistenza a taglio che corrisponde al nucleo di calcestruzzo confinato ed è calcolata secondo la seguente espressione:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad (4.1.28) \text{ NTC-18}$$

L'equazione 8.7.2.8 della Circolare Applicativa delle NTC-18 corrisponde alla resistenza a taglio controllata dalle staffe, tenendo conto della riduzione dovuta alla parte plastica della domanda di duttilità.

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[ \frac{h-x}{2L_v} \min(N; 0,55A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_{\Delta,pl})) \cdot \left[ 0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) \left( 1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_v}{h}\right) \right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right] \quad (8.7.2.8) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

dove  $\gamma_{el}$  è pari a 1,15 per elementi primari e a 1,0 per elementi secondari, le altre variabili sono calcolate come definite nella sezione C.8.7.2.3.5 della Circolare Applicativa delle NTC-18.

Se il valore di domanda di duttilità è maggiore di 3, la resistenza a taglio è calcolata dall'equazione 8.7.2.8 della Circolare Applicativa delle NTC-18.

Infine, per valori di duttilità compresi tra 2 e 3, deve essere eseguita una interpolazione lineare.

### Incamicatura in c.a.

Il valore di resistenza a taglio,  $V_R^*$ , di elementi incamiciati che sono impiegati nelle verifiche di resistenza dipendono dal corrispondente valore calcolato secondo le ipotesi della sezione C.8.7.4.2.1 della Circolare Applicativa delle NTC-18, in accordo con la seguente equazione:

$$V_R^* = 0,9V_R \quad (8.7.4.1) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

### Fasciatura in FRP

La resistenza in condizioni cicliche  $V_R$ , può essere calcolata come nella sezione 4.1 delle NTC-18 aggiungendo a  $V_w$  il contributo della camicia in FRP alla resistenza al taglio. Il contributo della camicia in FRP a  $V_w$  è calcolato in accordo con l'equazione 4.19 del CNR-DT 200 R1/2013:

$$V_{Rd,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{fed} \cdot 2 \cdot t_f \cdot (\cot\theta + \cot\beta) \cdot \sin\beta$$

### Deformazioni Assiali degli Elementi in Acciaio

Le deformazioni assiali degli elementi di controvento soggetti a trazione e compressione devono soddisfare le prescrizioni delle Tabelle B.2 e B.3 dell'Appendice B della EN1998-3:2005. Le deformazioni assiali delle colonne e delle travi in acciaio soggette a trazione devono soddisfare le prescrizioni della Tabella B.4 dell'Appendice B della EN1998-3:2005.

### Forze Assiali degli Elementi in Acciaio

Le capacità a forza assiale delle colonne, delle travi e dei controventi in acciaio soggetti a trazione e compressione devono soddisfare le prescrizioni delle sezioni 6.2.3 e 6.3 della EN1993-1.

### Capacità di Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio

La verifica della capacità di rotazione alla corda viene eseguita solo per le colonne e le travi in acciaio, secondo la Tabella B.1 dell'Appendice B della EN1998-3:2005.

### Momento Flettente degli Elementi in Acciaio

Le capacità a momento flettente di ogni colonna, trave e controvento in acciaio devono soddisfare le prescrizioni della sezione 6.2.9 della EN1993-1-1:2005.

### Forze di Taglio degli Elementi in Acciaio

Le capacità a taglio di ogni colonna, trave e controvento in acciaio devono soddisfare le prescrizioni della sezione 6.2.6 della EN1993-1-1:2005.

### Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio

**La resistenza all'instabilità di ogni elemento in acciaio è calcolata in termini di pressoflessione biassiale combinata e compressione assiale secondo le equazioni (6.61) e (6.62) della sezione 6.3.3 della EN1993-1-1:2005.**

### Trazione Diagonale nei Nodi

In accordo con la sezione C8.7.2.3.5 della Circolare Applicativa NTC-18 la trazione diagonale che viene indotta nei nodi può essere calcolata dalla seguente espressione:

$$\sigma_{nt} = \left| \frac{N}{2A_g} - \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \right| \leq 0,3\sqrt{f_c} \quad (8.7.2.11) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

### Compressione Diagonale nei Nodi

La compressione diagonale indotta nel nodo dal meccanismo a puntone diagonale non deve essere maggiore della resistenza a compressione del calcestruzzo in presenza di deformazioni di trazione trasversali. Le NTC-18 indicano la seguente espressione per il calcolo della capacità di compressione diagonale nei nodi:

$$\sigma_{nc} = \frac{N}{2A_g} + \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \leq 0,5f_c \quad (8.7.2.12) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

Per la definizione degli altri valori si veda la sezione C8.7.2.3.5 della Circolare Applicativa delle NTC-18.

### Duttilità dei Nodi

Un'adeguata duttilità dovrebbe essere posseduta sia dagli elementi strutturali che dalla struttura nel suo insieme secondo la sezione 7.4.4.2.1 di NTC-18. Negli edifici a telaio con due o più piani, in tutti i nodi delle travi sismiche primarie o secondarie con pilastri sismici primari deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\Sigma M_{c,Rd} \geq \gamma_{Rd} \Sigma M_{b,Rd} \quad (7.4.4) \text{ NTC-18}$$

Dove  $\gamma_{Rd}$  è preso secondo la tabella 7.2.I di NTC-18,  $\Sigma M_{c,Rd}$  è la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti dei pilastri che inquadrano il nodo e  $\Sigma M_{b,Rd}$  è la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti delle travi che inquadrano il nodo.

### Spostamenti Interpiano

In accordo con la sezione 7.3.6.1 delle NTC-18, il danno causato dall'azione sismica dovrebbe essere limitato agli elementi non-strutturali; inoltre si dovrebbe garantire che non si verificherà nessun danno strutturale tale da rendere la struttura temporaneamente inutilizzabile.

Questo obiettivo è raggiunto quando i valori dello spostamento interpiano, agli stati limite di operatività (SLO) e di danno (SLD), sono inferiori ai limiti indicati nella seguente tabella delle NTC-18:

	Spostamento relativo $d_r$ per lo Stato Limite di Danno	Spostamento relativo $d_r$ per lo Stato Limite di Operatività
tamponamenti collegati rigidamente alla struttura che interferiscono con la deformabilità della stessa	0,005 h*	2/3 di quello per lo Stato limite di danno
per tamponamenti progettati in modo da non subire danni a seguito di spostamenti di interpiano $d_{rp}$ , per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura	$d_r < d_{rp} < 0,01 h$	

**Tabella C8.7.1 della Circolare Applicativa delle NTC-18 – Valori Limite degli Spostamenti Interpiano**

### Capacità portante delle fondazioni

La rottura della capacità portante è verificata in base alle combinazioni degli effetti delle azioni applicate  $N_{Ed}$ ,  $V_{Ed}$ ,  $M_{Ed}$ , secondo la norma EN 1998-5, 5.4.1.1 (8).

### Forze di scorrimento delle fondazioni

La rottura per scorrimento viene verificata secondo la norma EN 1998-5, capitolo 5.4.1.1 (6) verificando che la forza di scorrimento  $V_{Ed}$  sulla base orizzontale non superi il valore fornito dalla seguente espressione:

$$F_{Rd} + E_{pd}$$

dove

$F_{Rd}$  è la resistenza all'attrito di progetto dei plinti e

$E_{pd}$  è la resistenza laterale di progetto derivante dalla pressione del terreno sul lato dei plinti.

### Capacità a flessione delle fondazioni

La verifica della capacità del momento flettente viene eseguita secondo la norma EN 1992-1-1. La domanda del momento flettente è calcolata mediante il puro sforzo  $\sigma_{\text{net}}$  agente sulla base orizzontale del plinto.

### Capacità a taglio delle fondazioni

La verifica della capacità di taglio viene eseguita secondo la norma EN 1992-1-1. La domanda di taglio è calcolata mediante il puro sforzo  $\sigma_{\text{net}}$  agente sulla base orizzontale del plinto.

### Capacità a punzonamento delle fondazioni

Il controllo della capacità di punzonamento viene effettuato come descritto nella norma EN 1992-1-1, capitolo 6.4.2.

### Eccentricità delle fondazioni

L'eccentricità del carico non deve superare 1/3 della dimensione in ciascuna direzione della fondazione secondo EN 1997-1, sezione 6.5.4. La verifica della doppia eccentricità è verificato se la somma dei quadrati delle eccentricità del carico nelle 2 direzioni orizzontali è inferiore a 1/9.

### CURVA DI CAPACITÀ

Ciascuna analisi pushover porta ad una curva di capacità, che rappresenta la relazione tra il taglio totale alla base e lo spostamento orizzontale di un punto rappresentativo della struttura, chiamato "nodo di controllo", con i valori dello spostamento di controllo che variano tra zero e un valore massimo definito dall'utente.

### SPOSTAMENTO TARGET

Lo spostamento target è definito come la domanda sismica derivata dallo spettro di risposta elastico in spostamento di un sistema equivalente ad un grado di libertà. Per definire lo spostamento target di un sistema a più gradi di libertà è necessario seguire una serie di passi in accordo con la C7.3.4.2 delle NTC-18.

Si assume la seguente relazione tra le forze laterali normalizzate  $F_i$  e gli spostamenti normalizzati  $\Phi_i$ :

$$F_i = m_i \Phi_i$$

Dove  $m_i$  è la massa all'i-esimo piano.

Gli spostamenti sono normalizzati in modo che  $\Phi_n=1$ , dove n è il nodo di controllo, di conseguenza  $F_n=m_n$ .

### Trasformazione in un sistema equivalente ad un grado di libertà (SDOF)

Il fattore di trasformazione è dato da:

$$\Gamma = \frac{\varphi^T M \tau}{\varphi^T M \varphi} \quad (C7.3.5) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

Il vettore  $\tau$  è il vettore di deformazione corrispondente alla direzione del sisma considerata; il vettore  $\varphi$  è il modo di vibrare fondamentale del sistema reale normalizzato ponendo  $d_c = 1$ ; e la matrice  $M$  è la matrice di massa del sistema reale.

La forza  $F^*$  e lo spostamento  $d^*$  del sistema equivalente 1GDL(SDOF) è calcolato come:

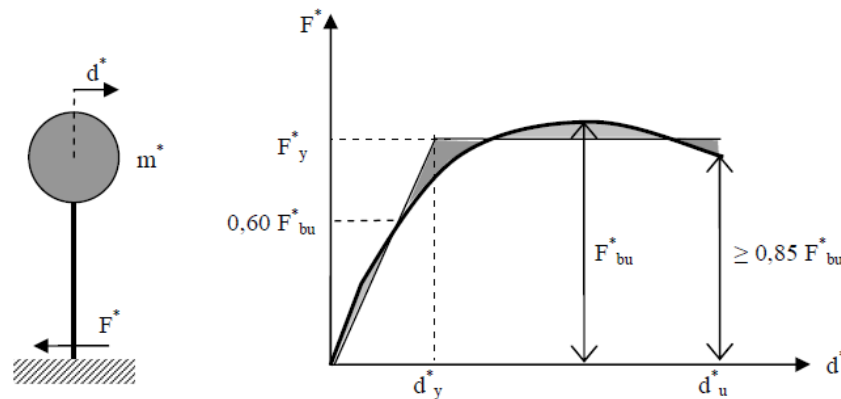
$$\begin{aligned} F^* &= F_b / \Gamma \\ d^* &= d_c / \Gamma \end{aligned} \quad (C7.3.4) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

Dove  $F_b$  e  $d_c$  sono, rispettivamente, il taglio alla base al nodo di controllo e lo spostamento del sistema a più gradi di libertà (MDOF).

#### Determinazione della curva forza-spostamento idealizzata elastica-perfettamente plastica

La forza di snervamento  $F_y^*$ , che rappresenta anche la resistenza ultima di un sistema idealizzato ad un grado di libertà (SDOF), è pari al taglio alla base dell'edificio all'insorgere del meccanismo plastico.

La rigidezza iniziale del sistema idealizzato è determinata in modo che le aree sotto la curva idealizzata e reale siano uguali, come mostrato nella figura C7.3.1 delle NTC-18, riportata sotto:



**Figura C7.3.1 della Circolare Applicativa delle NTC-18: Determinazione della curva forza-spostamento idealizzata elastica-perfettamente plastica delle NTC-18**

Alla curva di capacità del sistema equivalente occorre ora sostituire una curva bilineare avente un primo tratto elastico ed un secondo tratto perfettamente plastico (vedi Fig. C7.3.1). La curva idealizzata è definita da due punti, il primo corrisponde a  $0,6F_{bu}^*$ , dove  $F_{bu}^* = F_{bu}/\Gamma$  è la massima resistenza del sistema equivalente e  $F_{bu}$  la resistenza massima del sistema strutturale reale. Il secondo punto corrisponde alla forza di snervamento  $F_y^*$ , che può essere definita graficamente imponendo l'uguaglianza delle aree sottese dalla curva bilineare e dalla curva di capacità per lo spostamento massimo  $d_u^*$  corrispondente ad una riduzione di resistenza  $\leq 0,15 F_{bu}^*$ .

#### Determinazione del periodo del sistema idealizzato equivalente ad un grado di libertà SDOF

Il periodo  $T^*$  del sistema idealizzato equivalente ad un grado di libertà SDOF è determinato da:

$$T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^*}{k^*}} \quad (C7.3.6) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

Dove  $k^*$  è la rigidezza del ramo elastico della curva bilineare.

#### Determinazione dello spostamento target per in sistema ad un grado di libertà equivalente SDOF

Per la determinazione dello spostamento target  $d_{max}^*$  per strutture nei range di breve-medio-lungo periodo devono essere utilizzate differenti espressioni come indicato sotto. Il 'corner period' tra breve e medio periodo è  $T_c$ .

Lo spostamento target delle strutture con periodo  $T^* \geq T_c$  è dato da:

$$d_{max}^* = d_{e,max}^* = S_{De}(T^*) \quad (C7.3.7) \text{ Circolare Applicativa delle NTC-18}$$

$$con S_{De}(T^*) = S_e(T^*) \left[ \frac{T^*}{2\pi} \right]^2 \quad (3.2.10) \text{ NTC-18}$$

Dove  $S_e(T^*)$  è l'accelerazione spettrale di risposta per il periodo  $T^*$ .

Lo spostamento target di strutture con periodo  $T^* < T_c$  è dato da:

$$d_{max}^* = \frac{d_{e,max}^*}{q^*} \left[ 1 + (q^* - 1) \frac{T_c}{T^*} \right] \geq d_{e,max}^* \quad (C7.3.8) \text{ Circola Applicativa delle NTC-18}$$

Dove  $q^* = S_e(T^*) m^*/F_y^*$  è il rapporto tra l'accelerazione della struttura con comportamento elastico infinito,  $S_e(T^*)$ , e con resistenza limitata  $F_y^*/m^*$ .  
Nei casi in cui  $q^* \leq 1$  il  $d_{\max}^* = d_{e,\max}^*$ .

***Determinazione dello spostamento target di un sistema a più gradi di libertà MDOF***

Lo spostamento target di un sistema a più gradi di libertà MDOF è dato da:

$$d_t = \Gamma d_{\max}^*$$

Si prega di notare che lo spostamento target corrisponde al nodo di controllo.

## Appendice A.4 – KANEPE

In questa appendice sono descritti i parametri impiegati per la valutazione delle strutture in accordo con la Normativa Greca in materia di interventi antisismici, KANEPE.

### TIPOLOGIE DI ANALISI

La pratica attuale in Grecia è regolata dalla KANEPE: Normativa per la progettazione degli interventi strutturali in combinazione con la EAK 2000: Normativa per le strutture antisismiche. Può, inoltre, essere applicato l'Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici (CEN, 2005a) e Parte 3: Valutazione e Adeguamento degli Edifici (CEN, 2005b).

In accordo con la KANEPE, per la valutazione e la riprogettazione di un edificio è possibile applicare uno dei seguenti metodi di analisi:

- Analisi Statica Elastica (equivalente) con i fattori di comportamento globale ( $q$ ) o locale ( $m$ ) o i fattori di duttilità, soggetta alle condizioni della sezione 5.5, indipendentemente dal livello di affidabilità dei dati;
- Analisi Dinamica Elastica con i fattori di comportamento globale ( $q$ ) o locale ( $m$ ) o i fattori di duttilità, soggetta alle condizioni della sezione 5.6, indipendentemente dal livello di affidabilità dei dati;
- Analisi Statica Nonlineare, soggetta alle condizioni della sezione 5.7. In questo caso, si raccomanda di garantire, come minimo, un livello "sufficiente" di affidabilità dei dati;
- Analisi Dinamica Nonlineare (storie temporali), soggetta alle condizioni della sezione 5.8. In questo caso, si raccomanda di garantire, come minimo, un livello "sufficiente" di affidabilità dei dati;
- In casi particolari, ad esempio quando la valutazione riguarda un certo numero di edifici, per i quali è necessario determinare se ci sia, in linea di principio, la necessità di un miglioramento sismico (e con quale priorità), oppure nei casi in cui l'edificio che deve essere valutato sia di bassa importanza; allora, in aggiunta ai metodi puramente analitici, la valutazione può essere fatta seguendo metodi empirici, soggetti alle condizioni del paragrafo §2.1.4.1 b(iv).

L'analisi statica non lineare è il metodo di riferimento per la valutazione della sicurezza sismica degli edifici esistenti. In SeismoBuild è stato pertanto implementato questo metodo, che si basa su analisi pushover effettuate sotto carichi gravitazionali costanti e carichi orizzontali crescenti in maniera monotona, applicati in corrispondenza della posizione delle masse nel modello, per simulare le forze d'inerzia indotte dall'azione sismica. Poiché il modello è in grado di cogliere sia le non linearità geometriche che le inelasticità dei materiali, questo metodo riesce a descrivere l'evoluzione dei meccanismi di rottura attesi e del danno strutturale.

Ciascuna analisi pushover porta ad una curva di capacità, che è una relazione tra la forza di taglio totale alla base e lo spostamento orizzontale di un punto rappresentativo della struttura, chiamato "nodo di controllo". La domanda all'Obiettivo Prestazionale considerato – Occupazione Immediata, Salvaguardia della Vita o Prevenzione del Collasso – viene determinata confrontando in maniera appropriata la capacità ottenuta dalla curva di pushover e la richiesta di spostamento derivata dallo spettro di risposta elastico smorzato. Per fare ciò, gli spostamenti del "nodo di controllo" vengono definiti in termini di quantità spettrali relative ad un sistema equivalente ad un solo grado di libertà (SDOF) che è derivato dalla risposta a più gradi di libertà (MDOF) stimata in accordo con la sezione 5.7.4.2 della KANEPE.

La domanda strutturale associata allo spostamento target acquisito deve soddisfare i criteri di verifica definiti nella KANEPE.

Di conseguenza, la domanda degli elementi strutturali per le verifiche fragili (taglio) e duttili (deformazione di rotazione alla corda) è ritenuta conforme ai limiti che tengono conto: delle proprietà meccaniche della sezione; dell'interazione tra momento, taglio e carico assiale dell'elemento; e del degrado della resistenza/rigidezza associato alla richiesta di duttilità e alla risposta ciclica degli elementi in cemento armato, attraverso un'appropriata considerazione dell'inelasticità del materiale.

## REQUISITI PRESTAZIONALI

In accordo con la KANEPE sezione 2.2, gli obiettivi della valutazione o riprogettazione (Tabella 2.1) sono costituiti da una combinazione di un livello prestazionale e di un'azione sismica, data una "probabilità accettabile di superamento nell'ambito del ciclo di vita dell'edificio" (terremoto di progetto), come illustrato nella Tabella 2.1 della KANEPE.

Probabilità di superamento dell'azione sismica nell'ambito di un ciclo di vita convenzionale pari a 50 anni	Livelli Prestazionali Target per l'Edificio		
	A Occupazione Immediata	B Salvaguardia della Vita	C Prevenzione del Collasso
2%	A0	B0	C0
5%	A1+	B1+	C1+
10%	A1	B1	C1
20%	A2+	B2+	C2+
30%	A2	B2	C2
50%	A2	B2	C2
70%	A3	B3	C3
90%	A4+	B4+	C4+
>90%	A4	B4	C4

**Tabella 2.1 Obiettivi per la valutazione o la riprogettazione della struttura**

I livelli prestazionali target per l'edificio fanno riferimento allo stato di danneggiamento della struttura definito tramite tre stati limite, chiamati, rispettivamente, Stato Limite di Occupazione Immediata (A), di Salvaguardia della Vita (B) e di Prevenzione del Collasso (C).

### Stato Limite di Occupazione Immediata (A)

Secondo la KANEPE, lo stato limite di Occupazione Immediata (A) è una condizione in cui si prevede che nessuna operazione all'interno dell'edificio venga interrotta sia durante che dopo il terremoto di progetto, con la possibile eccezione delle funzioni di minore importanza. Possono comunque verificarsi alcune fessure lievi, non più grandi dello spessore di un capello.

### Stato Limite di Salvaguardia della Vita (B)

Secondo la KANEPE, lo stato limite di Salvaguardia della Vita (B) è una condizione in cui si prevede che si verifichino danni riparabili alla struttura durante il terremoto di progetto, senza causare perdite o ferimento grave di persone e senza danni sostanziali ai beni personali o materiali che si trovano all'interno dell'edificio.

### Stato Limite di Prevenzione del Collasso (C)

Secondo la KANEPE, lo stato limite di Prevenzione del Collasso (C) è una condizione in cui si prevede che si verifichino danni estesi e gravi o severi (non riparabili, in generale) alla struttura durante il terremoto di progetto;



tuttavia, la struttura mantiene la sua capacità di sopportare i carichi gravitazionali prescritti (durante il terremoto e immediatamente dopo), senza, in ogni caso, altro fattore di sicurezza sostanziale nei confronti del collasso totale o parziale.

Si rimanda alla KANEPE per comprendere per quali Obiettivi Prestazionali sarà necessario svolgere le verifiche.

## INFORMAZIONI PER LA VALUTAZIONE STRUTTURALE

Al fine della scelta del tipo di analisi ammissibile e dei valori appropriati del fattore di confidenza, si distinguono i seguenti tre livelli di affidabilità dei dati (DRL):

- DRL tollerabile
- DRL sufficiente
- DRL elevato

I fattori che determinano il livello di affidabilità dei dati (DRL) sono i seguenti: (i) geometria, ossia le caratteristiche geometriche del sistema strutturale e degli elementi non strutturali (come i pannelli di tamponamento in muratura), che possono influenzare la risposta strutturale, (ii) dettagli, questi includono la quantità e i dettagli di armatura negli elementi in calcestruzzo armato, collegamenti fra membrature di acciaio, il collegamento dei diaframmi alle strutture resistenti alle forze laterali, le giunzioni di malta nelle murature e la natura di alcuni elementi di rinforzo nella muratura, (iii) materiali, ossia le proprietà meccaniche dei materiali costituenti.

### DRL tollerabile

Il livello tollerabile di affidabilità dei dati corrisponde ad uno stato di conoscenza in cui la geometria strutturale complessiva e le dimensioni degli elementi strutturali sono note grazie a sondaggi o dai disegni originali utilizzati sia per la costruzione originale che per eventuali successive modifiche, così come da un campione sufficiente di rilievi in sito, sia della geometria complessiva che delle dimensioni degli elementi. In caso di differenze significative rispetto ai disegni costruttivi originali, diventa necessario un rilievo completo dell'edificio.

I dettagli strutturali non sono noti a partire dai disegni originali, ma sono ipotizzati sulla base di una progettazione simulata secondo la prassi abituale all'epoca della progettazione/costruzione dell'opera. Ispezioni limitate eseguite sugli elementi più critici dovrebbero dimostrare che le ipotesi corrispondano alla situazione reale.

Non sono disponibili informazioni sulle proprietà meccaniche dei materiali, pertanto vengono assunti valori predefiniti in conformità con gli standard previsti al momento della costruzione, accompagnati da prove in-situ limitate negli elementi più critici.

La valutazione della sicurezza strutturale in questo stato di conoscenza verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare statici o dinamici.

### DRL sufficiente

Il livello sufficiente di affidabilità dei dati corrisponde ad uno stato di conoscenza in cui la geometria strutturale complessiva e le dimensioni degli elementi strutturali sono note grazie a sondaggi estesi o dai disegni originali utilizzati sia per la costruzione originale che per eventuali successive modifiche, così come da un campione sufficiente di rilievi in sito, sia della geometria complessiva che delle dimensioni degli elementi.

I dettagli strutturali sono noti a partire da estese verifiche in situ o dai disegni originali incompleti in combinazione con limitate verifiche in situ eseguite sugli elementi più critici, che confermano che le informazioni disponibili corrispondano alla situazione reale.

Le informazioni sulle proprietà meccaniche dei materiali sono note grazie ad estese prove in situ o dalle specificazioni originali di progetto e limitate prove in situ.

La valutazione della sicurezza strutturale in questo stato di conoscenza verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

### DRL elevato

Il livello elevato di affidabilità dei dati corrisponde ad uno stato di conoscenza in cui la geometria strutturale complessiva e le dimensioni degli elementi strutturali sono note grazie a sondaggi esaustivi o dai disegni originali completi utilizzati sia per la costruzione originale che per eventuali successive modifiche, così come da un campione sufficiente di rilievi in sito, sia della geometria complessiva che delle dimensioni degli elementi.

I dettagli strutturali sono noti a partire da esaustive verifiche in situ o dai disegni originali completi in combinazione con limitate verifiche in situ eseguite sugli elementi più critici, che confermano che le informazioni disponibili corrispondano alla situazione reale.

Le informazioni sulle proprietà meccaniche dei materiali sono note grazie ad esaustive prove in situ o dai certificati originali delle prove sui materiali e limitate prove in situ.

La valutazione della sicurezza nel caso di conoscenza accurata verrà eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici.

### Fattori di Sicurezza

Nel modulo Fattori di Sicurezza di SeismoStruct è possibile visualizzare/modificare i valori raccomandati dei fattori parziali, corrispondenti al livello di affidabilità raggiunto; di default vengono visualizzati i valori proposti nella sezione 4.5 della KANEPE.

**Safety Factors** Specify the values of the Safety factors used in the checks

Eurocode 8, Part-3 ASCE 41-13 Italian Code Greek Code TBDY

**Brittle Mechanisms, Existing Materials (Section 4.5.2 and Appendix 4.1)**

Partial Factor $\gamma_c$ for concrete, Brittle mechanisms, Existing materials, High DRL	1.150
Partial Factor $\gamma_s$ for steel, Brittle mechanisms, Existing materials, High DRL	1.050
Partial Factor $\gamma_c$ for concrete, Brittle mechanisms, Existing materials, Satisfactory DRL	1.300
Partial Factor $\gamma_s$ for steel, Brittle mechanisms, Existing materials, Satisfactory DRL	1.150
Partial Factor $\gamma_c$ for concrete, Brittle mechanisms, Existing materials, Tolerable DRL	1.450
Partial Factor $\gamma_s$ for steel, Brittle mechanisms, Existing materials, Tolerable DRL	1.250

**Brittle Mechanisms, New Materials (Section 4.5.3.2, Table 4.3 and Appendix 4.1)**

Coefficient $\gamma_m/\gamma_m$ for Normal (standard) accessibility, Brittle mechanisms	1.050
Coefficient $\gamma_m/\gamma_m$ for Reduced accessibility, Brittle mechanisms	1.200

**Ductile Mechanisms, Existing Materials (Section 4.5.3.3 and Appendix 4.1)**

Partial Factor $\gamma_m$ , Ductile mechanisms, New materials, High DRL	1.000
Partial Factor $\gamma_m$ , Ductile mechanisms, New materials, Satisfactory DRL	1.100
Partial Factor $\gamma_m$ , Ductile mechanisms, New materials, Tolerable DRL	1.200

**Ductile Mechanisms, New Materials (Section 4.5.3.3 and Appendix 4.1)**

Coefficient $\gamma_m/\gamma_m$ for Normal (standard) accessibility, Ductile mechanisms	1.150
Coefficient $\gamma_m/\gamma_m$ for Reduced accessibility, Ductile mechanisms	1.250

**Other Safety Factors**

Factor $\gamma_{Rd}$ (Section 9.3.1 and Appendix 9A)	1.500
Factor $\gamma_{Sd}$ , Intense and extensive damage and/or interventions (Section 4.5.1 and Table S4.2)	1.200

Ok Cancel Program Defaults Set As Default

**Modulo Fattori di Sicurezza**

## MODELLI DI CAPACITÀ PER LA VALUTAZIONE E LE VERIFICHE DI SICUREZZA

Tutte le verifiche (capacità di rotazione alla corda e resistenza a taglio) devono essere svolte per tutti gli elementi di ogni piano, in accordo con le sezioni 7.2.2, 7.2.4 e Appendice 7C della KANEPE, considerando gli elementi come primari o secondari dal punto di vista della resistenza sismica, progettati in accordo con le definizioni della sezione 2.4.3.4 della KANEPE. Inoltre, è possibile effettuare le verifiche dei nodi trave-pilastro per controllare (i) la trazione diagonale e (ii) la compressione diagonale del nodo.

### Capacità di deformazione

La capacità di deformazione di travi, pilastri e pareti strutturali è definita in termini di *rotazione rispetto alla corda*  $\theta$ , cioè dell'angolo tra la tangente all'asse all'estremità dello snervamento e la corda che collega quell'estremità con l'estremità della luce di taglio  $L_s = M/V$  (= momento/taglio alla sezione di estremità), cioè il punto a momento nullo. Tale rotazione (rispetto alla corda) è anche pari al rapporto di spostamento della membratura, cioè, l'inflessione all'estremità della luce di taglio rispetto alla tangente all'asse all'estremità dello snervamento, diviso per la luce di taglio.

La capacità di deformazione di travi e pilastri è fortemente influenzata dalla mancanza di adeguati dettagli antisismici nell'armatura longitudinale, così come dalla tipologia di barre impiegate, siano esse barre lisce o/e di acciaio fragile lavorato a freddo. Uno sviluppo inadeguato delle sovrapposizioni lungo la lunghezza delle travi e l'altezza dei pilastri e un ancoraggio inappropriato all'interno dei nodi trave-pilastro può governare la risposta dell'elemento all'azione sismica, limitando drasticamente la sua capacità rispetto alla situazione in cui l'armatura è considerata completamente efficace. Vengono prese, quindi, in considerazione le limitazioni, sopracitate, sulla capacità deformativa.

Il valore della capacità di rotazione alla corda per il livello prestazionale associato allo stato limite di Occupazione Immediata (A) è il valore di rotazione alla corda a snervamento  $\theta_y$ , che può essere calcolato dalle equazioni (S.2a) e (S.2b) della KANEPE:

- Per travi e pilastri:

$$\theta_y = \left(1/r\right)_y \frac{L_s + \alpha_v z}{3} + 0,0014 \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s}\right) + \frac{\left(1/r\right)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (\text{S.2a}) \text{ KANEPE}$$

- Per pareti:

$$\theta_y = \left(1/r\right)_y \frac{L_s + \alpha_v z}{3} + 0,0013 + \frac{\left(1/r\right)_y d_b f_y}{8\sqrt{f_c}} \quad (\text{S.2b}) \text{ KANEPE}$$

Dove  $L_s$  è la luce di taglio (=  $M/V$ ); e  $\alpha_v$  è pari a 1,0 se il valore della forza di taglio  $V_{R1}$ , che causa le fessure diagonali dell'elemento, è minore del valore della forza di taglio durante lo snervamento a flessione  $V_{Mu} = M_y/L_s$ , altrimenti è uguale a 0.

Il valore della capacità di rotazione alla corda per il livello prestazionale associato allo stato limite di Salvaguardia della Vita (B) è calcolato dalla seguente espressione, in accordo al paragrafo 9.3.1 della KANEPE:

$$\theta_d = 0,5(\theta_y + \theta_{um})/\gamma_{Rd}$$

Dove  $\theta_y$  è calcolato in accordo alle espressioni (S.2a) e (S.2b), mentre  $\theta_{um}$  è calcolato in accordo alle espressioni (S.11a) e (S.11b) della KANEPE.

Il valore della capacità di rotazione alla corda per il livello prestazionale associato allo stato limite di Prevenzione del Collasso (C) è il valore medio della capacità di rotazione alla corda a rottura, il quale è calcolato, in accordo con l'equazione S.11a della KANEPE, per mezzo delle seguenti espressioni:

- Per travi e pilastri progettati e costruiti sulla base delle prescrizioni post-1985 in materia di progettazione antisismica, dalla:

$$\theta_{um} = 0,016 \cdot (0,3^v) \left[ \frac{\max(0,01;\omega')}{\max(0,01;\omega - \omega')} f_c \right]^{0,225} \cdot (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha_p \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,25^{100\rho_d}) \quad (\text{S.11a}) \text{ KANEPE}$$

- Per pareti di sezione rettangolare progettate e costruite sulla base delle prescrizioni post-1985 in materia di progettazione antisismica, considerando il paragrafo ii) del commentario della sezione 7.2.4.1b, dalla:

$$\theta_{um} = 0,01 \cdot (0,3^v) \left[ \frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega - \omega')} f_c \right]^{0,225} \cdot (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{ps} \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,25^{100\rho_d}) \quad (S.11a) \text{ KANEPE}$$

I valori ottenuti sopra devono essere divisi per il fattore  $\gamma_{Rd}$  in accordo al paragrafo 9.3.1 della KANEPE.

La capacità ultima (totale) di rotazione alla corda di membrature in calcestruzzo sotto carichi ciclici può essere calcolata anche come la somma tra il contributo della rotazione alla corda a snervamento e il contributo nel campo plastico della capacità ultima a rotazione mediante la seguente equazione:

- Per travi e pilastri progettati e costruiti sulla base delle prescrizioni post-1985 in materia di progettazione antisismica, dalla:

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_u - \theta_y = 0,0145 \cdot (0,25^v) \left[ \frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega - \omega')} \right]^{0,3} (f_c)^{0,2} (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{ps} \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,275^{100\rho_d}) \quad (S.11b) \text{ KANEPE}$$

- Per pareti di sezione rettangolare progettate e costruite sulla base delle prescrizioni post-1985 in materia di progettazione antisismica, considerando il paragrafo ii) del commentario della sezione 7.2.4.1b, dalla:

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_u - \theta_y = 0,008 \cdot (0,25^v) \left[ \frac{\max(0,01; \omega')}{\max(0,01; \omega - \omega')} \right]^{0,3} (f_c)^{0,2} (\alpha_s)^{0,35} 25^{\left(\alpha_{ps} \frac{f_{yw}}{f_c}\right)} (1,275^{100\rho_d}) \quad (S.11b) \text{ KANEPE}$$

Per gli elementi con barre deformate, progettati e realizzati secondo le regole pre-1985 applicate in Grecia, i valori calcolati con le equazioni S.11a e S.11b illustrate sopra devono essere divisi per 1.2.

La curvatura a snervamento della sezione terminale è calcolata in accordo con le seguenti espressioni, per le sezioni in cui la zona compressa presenta una larghezza costante e per il caso in cui lo snervamento della sezione è causato dallo snervamento dell'acciaio.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1-\xi_y)d} \quad (A.1) \text{ KANEPE}$$

Se la sezione snerva a causa delle nonlinearità di deformazione del calcestruzzo in compressione, ossia per deformazione delle fibre compresse di estremità superiore a  $\epsilon_c \approx 1.8 f_c / E_c$ , allora la curvatura a snervamento è calcolata secondo la seguente espressione, dell'Appendice 7A della KANEPE:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\epsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d} \quad (A.2) \text{ KANEPE}$$

Per il calcolo della capacità di rotazione alla corda viene utilizzato il più piccolo dei valori indicati sopra.

In accordo con la sezione 7.2.4 della KANEPE la capacità di rotazione alla corda è fortemente influenzata da numerosi fattori, come l'anno di costruzione. Se la struttura è stata costruita con le normative antecedenti il 1985 allora i valori medi della capacità di rotazione alla corda e la componente plastica della rotazione alla corda media devono essere divisi per 1.2. Inoltre, se le barre longitudinali deformate hanno le estremità diritte sovrapposte a partire dalla sezione di estremità dell'elemento, la componente plastica della rotazione alla corda è calcolata con il valore della percentuale meccanica d'armatura a compressione,  $\omega'$ , raddoppiato rispetto al valore che si applica al di fuori della sovrapposizione. In aggiunta, nelle sezioni in cui la lunghezza di sovrapposizione dell'armatura  $l_b$  è inferiore alla lunghezza di sovrapposizione minima per deformazione ultima  $l_{bu,min}$ , la componente plastica della capacità di rotazione alla corda è moltiplicata per il rapporto  $l_b/l_{bu,min}$  (informazioni sul calcolo di  $l_{bu,min}$  possono essere trovate nella sezione 7.2.4 della KANEPE, mentre il valore per la rotazione alla corda a snervamento,  $\theta_y$  tiene conto degli effetti della sovrapposizione in accordo con la sezione 7.2.2 della KANEPE).

Infine, se sono presenti barre longitudinali lisce, i valori ottenuti per le barre nervate sono moltiplicati per un fattore pari al 95% e nel caso in cui si abbiano elementi con lunghezza di sovrapposizione  $l_b$  inferiore a 15db, il valore medio della rotazione alla corda a rottura è moltiplicato per un fattore disponibile nella sezione 7.2.4 della KANEPE.

Nel caso di pilastri circolari, le equazioni presentate sopra non possono essere impiegate per il calcolo della capacità di rotazione alla corda degli elementi. In SeismoStruct sono impiegate le seguenti equazioni, suggerite da D. Biskinis e M.N. Fardis [2013] per  $\theta_y$  e  $\theta_u$ .

$$\theta_y = \varphi_y \frac{L_v + \alpha_v z}{3} + 0.0027 \left( 1 - \min \left( 1; \frac{2}{15} \frac{L_s}{D} \right) \right) + \alpha_{sl} \frac{\varphi_y d_{bl} f_y}{8 \sqrt{f_c}}$$

Dove i valori  $f_y$  e  $f_c$  sono in MPa,  $\alpha_v=1$  se  $V_{Rc} < V_{My}$ ,  $V_{Rc}$  è calcolato in accordo l'equazione (S.3) delle KANEPE, altrimenti  $\alpha_v=0$ , e  $\alpha_{sl}=0$  se è fisicamente impossibile il pull-out delle barre tese dalla loro zona di ancoraggio oltre l'estremità di snervamento, altrimenti  $\alpha_{sl}=1$ .

$$\theta_u = (\theta_y + (\varphi_u - \varphi_y) L_{pl} (1 - 0.5 L_{pl} / L_s) + \alpha_{sl} \Delta \theta_{u,slip}) / \gamma_{el}$$

Dove  $\gamma_{el}$  è pari a 2.0 per gli elementi primari e a 1.0 per quelli secondari, e  $\Delta \theta_{u,slip}$  e  $L_{pl}$  sono calcolati in accordo con le seguenti equazioni:

$$\Delta \theta_{u,slip} = 10 d_{bl} (\varphi_u + \varphi_y) / 2$$

$$L_{pl} = 0.6D \left[ 1 + \frac{1}{6} \min \left( 9; \frac{L_s}{D} \right) \right]$$

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

#### **Incamicatura in c.a.**

Nelle verifiche di capacità le seguenti relazioni, presenti nel paragrafo 8.2.1.5(η) della KANEPE, possono essere assunte tra i valori di  $M_y^*$ ,  $\theta_y^*$  e  $\theta_u^*$  calcolati con le assunzioni presenti nel paragrafo 8.2.1 della KANEPE:

Il momento di snervamento:

$$M_y^* = 0.9 M_y$$

Rotazione alla corda a snervamento:

$$\theta_y^* = 1.25 \theta_y$$

Rotazione ultima alla corda:

$$\theta_u^* = 0.80 \theta_u$$

#### **Rivestimento in FRP**

Il contributo del rivestimento in FRP applicato agli elementi strutturali, in accordo con l'Appendice A della EN1998-3:2005, viene di seguito descritto come:

Gli effetti della placcatura e della fasciatura con FRP delle membrane, sulla resistenza a flessione della sezione di estremità e sul valore della rotazione a snervamento rispetto alla corda,  $\theta_y$ , possono essere trascurati, dove  $\theta_y$  può essere calcolato in accordo al paragrafo 7.2.2 della KANEPE.

Per membrane di sezione rettangolare con gli angoli arrotondati la capacità di rotazione totale rispetto alla corda e la sua parte plastica può essere calcolata mediante le espressioni (S.8a) e (S.8b), rispettivamente, con l'esponente del termine dovuto al confinamento, aumentata di  $\alpha \rho_f f_{fe}$  dove  $\alpha$  è il coefficiente di efficacia del confinamento,  $\rho_f$  è il rapporto di FRP parallelo alla direzione di carico e  $f_{fe}$  è lo sforzo effettivo dato dall'espressione (A.35) dell'EC8: Parte 3.

## Capacità a momento flettente

La capacità a momento flettente di travi, pilastri e pareti a sezione prismatica è calcolata secondo il paragrafo 4.1 di D. Biskinis e M.N. Fardis (2009), mentre per la capacità a momento flettente dei pilastri circolari il riferimento è il paragrafo 4 di Biskinis e MN Fardis (2013).

## Resistenza a taglio

La resistenza a taglio, controllata dalle staffe, e tenendo in considerazione la riduzione dovuta alla parte plastica della richiesta di duttilità, è calcolata tramite la seguente espressione in accordo con l'Appendice 7C della KANEPE.

$$V_R = \frac{h-x}{2L_s} \min(N; 0,55A_c f_c) + (1 - 0,05 \min(5; \mu_\theta^{pl})) [0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) (1 - 0,16 \min(5; \alpha_s)) \sqrt{f_c} A_c + V_w] \quad (C.1) \text{ KANEPE}$$

La resistenza a taglio di una parete in calcestruzzo non può essere presa maggiore del valore corrispondente alla rottura per schiacciamento dell'anima,  $V_{R,max}$ , che, sotto carichi ciclici, è calcolata in accordo con l'Appendice 7C della KANEPE tramite la seguente espressione:

$$V_{R,max} = 0,85 \left(1 - 0,06 \min(5; \mu_\theta^{pl})\right) \left(1 + 1,8 \min\left(0,15; \frac{N}{A_c f_c}\right)\right) (1 + 0,25 \max(1,75; 100\rho_{tot})) \cdot (1 - 0,2 \min(2; \alpha_s)) \sqrt{f_c} b_w z \quad (C.4) \text{ KANEPE}$$

La resistenza a taglio,  $V_R$ , di pilastri con rapporto di taglio  $\alpha_s \leq 2.0$  non può essere presa maggiore del valore corrispondente alla rottura per schiacciamento dell'anima lungo la diagonale della colonna dopo lo snervamento per flessione,  $V_{R,max}$ , che, sotto carichi ciclici, può essere calcolato in accordo con l'Appendice 7C della KANEPE tramite la seguente espressione:

$$V_{R,max} = \frac{4}{7} \left(1 - 0,02 \min(5; \mu_\theta^{pl})\right) \left(1 + 1,35 \frac{N}{A_c f_c}\right) (1 + 0,45 (100\rho_{tot})) \sqrt{\min(40; f_c)} b_w z \sin 2\delta \quad (C.5) \text{ KANEPE}$$

Dove  $\delta$  è l'angolo tra la diagonale e l'asse del pilastro ( $\tan \delta = h/2L_s = 0.5/\alpha_s$ ).

La possibilità dello scorrimento alla base o in ogni altra parte della sezione dove l'armatura longitudinale potrebbe plasticizzarsi deve essere analizzata nelle pareti. La resistenza a scorrimento non deve essere verificata nelle pareti nelle quali la rottura a taglio avviene prima dello snervamento flessionale. La resistenza a scorrimento può essere calcolata dalla seguente equazione dell'appendice 7C delle KANEPE:

$$V_{R,SLS} = V_i + V_f + V_d \quad (C.6) \text{ KANEPE}$$

with

$$V_i = \sum A_{si} f_{yi} \cos \varphi \quad (C.7) \text{ KANEPE}$$

$$V_f = \min(\mu[(\sum A_{sv} f_{yv} + N)\xi + M_y/z]; 0.3f_c A_{compr}) \quad (C.8) \text{ KANEPE}$$

dove  $\xi$  è calcolato in accordo con le equazioni C.10-C13 dell'Appendice 7C delle KANEPE, e

$$V_d = 1.6 \sum A_{sv} \sqrt{f_c f_{yv}} \leq \sum A_{sv} f_{yv} / \sqrt{3} \quad (C.9) \text{ KANEPE}$$

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

In alternativa, la resistenza a scorrimento può essere calcolata dalla seguente equazione dell'appendice 7C delle KANEPE:

$$V_{R,SLS} = (1 - 0,025\mu_0^{pl}) \min \left( \begin{array}{c} 0,5 \sum [A_s f_y (0,6 \sin \varphi + \cos \varphi)] + 0,6N + 1,1 \sum [A_s \sqrt{f_c f_y} \sin \varphi]; \\ 0,2 \min \left( 0,55; 0,55 \left( \frac{30}{f_c} \right)^{\frac{1}{3}} \right) f_c A_c \end{array} \right) \quad (C.14) \text{ KANEPE}$$

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

Le equazioni (C.1)-(C.3) e (C.4) possono essere usate per pareti con rapporto di taglio  $\alpha_s \geq 1.0$ . Per pareti con basso rapporto di taglio  $\alpha_s \leq 1.2$ , la resistenza a taglio deve essere calcolata dalla seguente equazione dell'Appendice 7C delle KANEPE:

$$V_{R,squat} = V_{si} + V_c \quad (C.15) \text{ KANEPE}$$

con

$$V_s = \min \left\{ \begin{array}{c} \rho_h b_w \min((d - x)/\tan \theta_{cr}, L_s) f_{yh} \\ (\rho_v b_w \min(L_s \tan \theta_{cr}, d - x) f_{yv} + A_s f_y) / \tan \theta_{cr} \end{array} \right\} \quad (C.16) \text{ KANEPE}$$

e

$$V_c = (1 + 150\rho)(1 - 0.725\alpha_s) \left( \frac{2}{3} A_c f_{ct} \sqrt{1 + \frac{N}{A_c f_{ct}}} \right) \quad (C.17) \text{ KANEPE}$$

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

Si noti che i fattori riducenti sono impiegati secondo l'allegato 7ST di KANEPE per tenere conto della corrosione dell'armatura.

#### Incamicatura in c.a.

Il valore della resistenza a taglio  $V_R^*$  da adottare nelle verifiche è quello calcolato con riferimento alla sezione incamicata nelle ipotesi semplificative, indicate nel paragrafo 8.2.1 della KANEPE, secondo la seguente espressione in accordo al paragrafo 8.2.1.5(η) della KANEPE:

$$V_R^* = 0.9V_R$$

#### Rivestimento in FRP

La resistenza ciclica a taglio  $V_R$ , può essere dedotta dall'espressione (C.1) della KANEPE aggiungendo alla resistenza a taglio il contributo  $V_w$  del rivestimento in FRP. Il contributo del rinforzo FRP associato al  $V_{jd}$  è calcolato in accordo all'espressione, nel seguente modo:

$$V_{jd} = \sigma_{jd} \rho_j b_w h_{j,ef} (\cot \theta + \cot \alpha) \sin^2 \alpha \quad (8.13) \text{ KANEPE}$$

Dove  $\rho_f$  è il rapporto geometrico dell'FRP, calcolato in accordo con l'equazione (S8.8) della KANEPE.

#### Deformazione Assiale di Elementi Metallici

Le Deformazioni Assiali degli Elementi di controvento in tensione e compressione devono soddisfare le disposizioni della sezione 8.5.5.4 del KANEPE. Le deformazioni assiali delle colonne e delle travi in acciaio soggette a trazione devono soddisfare le prescrizioni della Tabella B.4 dell'Appendice B della EN1998-3:2005.

### Forze Assiali degli Elementi in Acciaio

Le capacità a forza assiale delle colonne, delle travi e dei controventi in acciaio soggetti a trazione e compressione devono soddisfare le prescrizioni delle sezioni 6.2.3 e 6.3 della EN1993-1.

### Capacità di Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio

La verifica della capacità di rotazione alla corda viene eseguita solo per le colonne e le travi in acciaio, secondo la Tabella B.1 dell'Appendice B della EN1998-3:2005.

### Momento Flettente degli Elementi in Acciaio

Le capacità a momento flettente di ogni colonna, trave e controvento in acciaio devono soddisfare le prescrizioni della sezione 6.2.9 della EN1993-1-1:2005.

### Forze di Taglio degli Elementi in Acciaio

Le capacità a taglio di ogni colonna, trave e controvento in acciaio devono soddisfare le prescrizioni della sezione 6.2.6 della EN1993-1-1:2005.

### Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio

The buckling resistance of every steel member is calculated in terms of combined biaxial bending and axial compression according to equations (6.61) and (6.62) of section 6.3.3 in EN1993-1-1:2005.

### Trazione Diagonale dei Nodi

In accordo con la sezione 7.2.5 della KANEPE, le rotture per trazione diagonale dell'anima dei nodi rinforzati con staffe orizzontali si verificano quando lo sforzo principale di trazione, ossia la combinazione dello (i) sforzo medio di taglio  $\tau_j$ , (ii) lo sforzo medio di compressione verticale normale nel nodo,  $\sigma_c = v_{top} f_c$ , e (iii) lo sforzo medio di compressione orizzontale che si sviluppa nell'anima del nodo come risultato del confinamento fornito dalle staffe orizzontali, supera la resistenza a trazione del calcestruzzo,  $f_{ct}$ , ossia:

$$\tau_j \geq \tau_c = f_{ct} \sqrt{\left(1 + \frac{\rho_{jh} f_{yw}}{f_{ct}}\right) \left(1 + \frac{v_{top} f_c}{f_{ct}}\right)} \quad (4) \text{ KANEPE}$$

Dove  $\rho_{jh} = A_{sh}/b_j h_{jb}$  ossia l'area totale  $A_{sh}$  dei bracci delle staffe orizzontali parallela al piano verticale dello sforzo  $\tau_j$ , divisa per l'area della sezione verticale del nodo,  $b_j z_b$ . Per ulteriori informazioni si può far riferimento alla sezione 7.2.5 della KANEPE.

### Compressione Diagonale dei Nodi

In accordo con la sezione 7.2.5 della KANEPE, la rottura dell'anima dovuta alla compressione diagonale si verifica se lo sforzo principale di compressione supera lo sforzo di compressione (ridotto di eventuali deformazioni di trazione trasversali) del calcestruzzo. Se lo sforzo medio di taglio nel nodo,  $\tau_j$ , supera il valore di  $\tau_c$  dato dalla Eq. (4), allora si può assumere che la rottura del nodo dovuta alla compressione diagonale avvenga quando il valore di  $\tau_j$  supera il valore:

$$\tau_j \geq \tau_{ju} = n f_c \sqrt{\left(1 - \frac{v_{top}}{n}\right)} \quad (5) \text{ KANEPE}$$

Dove  $n = 0.6(1 - f_c(\text{MPa})/250)$  è il fattore di riduzione della resistenza a compressione uniassiale dovuto alle deformazioni di trazione trasversale. Se, d'altro canto,  $\tau_j$  è inferiore a  $\tau_c$  dato dall'espressione (4), allora si può assumere che la rottura del nodo per compressione diagonale avvenga quando  $\tau_j$  supera il valore derivato dall'espressione (5) per  $n=1$ .



### Duttilità dei Nodi

Sia gli elementi strutturali che la struttura nel suo insieme dovrebbero possedere un'adeguata duttilità secondo la sezione 9.3.3 di KANEPE. Negli edifici a telaio con due o più piani, in tutti i nodi delle travi sismiche primarie o secondarie con pilastri sismici primari deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\Sigma M_{Rc} \geq 1,3 \Sigma M_{Rb} \quad (S1) \text{ KANEPE}$$

Diversamente, i valori della tabella S 4.4 dovrebbero essere presi per edifici costruiti prima del 1985. Dove  $\Sigma M_{Rc}$  è la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti dei pilastri che inquadrano il nodo e  $\Sigma M_{Rb}$  è la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti delle travi che inquadrano il nodo. La verifica della duttilità non è effettuata per i nodi dell'ultimo piano degli edifici multipiano secondo la sezione 9.3.3 di KANEPE.

### Capacità portante delle fondazioni

La rottura della capacità portante è verificata in base alle combinazioni degli effetti delle azioni applicate  $N_{Ed}$ ,  $V_{Ed}$ ,  $M_{Ed}$ , secondo la norma EN 1998-5, 5.4.1.1 (8).

### Forze di scorrimento delle fondazioni

La rottura per scorrimento viene verificata secondo la norma EN 1998-5, capitolo 5.4.1.1 (6) verificando che la forza di scorrimento  $V_{Ed}$  sulla base orizzontale non superi il valore fornito dalla seguente espressione:

$$F_{Rd} + E_{pd}$$

dove

$F_{Rd}$  è la resistenza all'attrito di progetto dei plinti e

$E_{pd}$  è la resistenza laterale di progetto derivante dalla pressione del terreno sul lato dei plinti.

### Capacità a flessione delle fondazioni

La verifica della capacità del momento flettente viene eseguita secondo la norma EN 1992-1-1. La domanda del momento flettente è calcolata mediante il puro sforzo  $\sigma_{net}$  agente sulla base orizzontale del plinto.

### Capacità a taglio delle fondazioni

La verifica della capacità di taglio viene eseguita secondo la norma EN 1992-1-1. La domanda di taglio è calcolata mediante il puro sforzo  $\sigma_{net}$  agente sulla base orizzontale del plinto.

### Capacità a punzonamento delle fondazioni

Il controllo della capacità di punzonamento viene effettuato come descritto nella norma EN 1992-1-1, capitolo 6.4.2.

### Eccentricità delle fondazioni

L'eccentricità del carico non deve superare 1/3 della dimensione in ciascuna direzione della fondazione secondo EN 1997-1, sezione 6.5.4. La verifica della doppia eccentricità è verificato se la somma dei quadrati delle eccentricità del carico nelle 2 direzioni orizzontali è inferiore a 1/9.

### CURVA DI CAPACITÀ

Ciascuna analisi pushover porta ad una curva di capacità, che rappresenta la relazione tra il taglio totale alla base e lo spostamento orizzontale di un punto rappresentativo della struttura,

chiamato “nodo di controllo”, con i valori dello spostamento di controllo che variano tra zero e un valore massimo definito dall'utente.

## SPOSTAMENTO TARGET

Lo spostamento target  $\delta_t$  (§ 5.7.4.2) dovrà essere calcolato tenendo conto di tutti i fattori rilevanti che interessano lo spostamento di un edificio che risponde anelasticamente. È consentito considerare lo spostamento di un sistema elastico ad un solo grado di libertà con un periodo fondamentale pari al periodo fondamentale dell'edificio che viene sottoposta alle azioni sismiche per le quali viene effettuata la verifica. È indispensabile una correzione appropriata al fine di ricavare il corrispondente spostamento dell'edificio che si assume possa rispondere come sistema elastico-perfettamente plastico.

Se non viene applicato un metodo più accurato, lo spostamento target  $\delta_t$  può essere calcolato impiegando la seguente equazione e può essere corretto (dove necessario) in accordo con il paragrafo §5.7.4.2 come segue:

$$\delta_t = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot (T_e^2/4\pi^2) S_{e(T)} \quad (5.6) \text{ KANEPE}$$

dove  $S_e(T)$  è la pseudo-accelerazione spettrale elastica (derivata dallo spettro EC8), corrispondente al periodo fondamentale equivalente della struttura  $T_e$  (quest'ultimo calcolato utilizzando il punto di contro-flesso nel diaframma forza-spostamento del sistema, come definito nell'equazione S5.5 del paragrafo § 5.7.3.5), mentre  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$  sono i fattori correttivi che sono definiti come segue:

$C_0$ : coefficiente che lega lo spostamento spettrale del sistema elastico equivalente di rigidità  $K_e$  ( $S_d = [T_e^2/4\pi^2] S_{e(T)}$ ), con lo spostamento reale  $\delta_t$  della sommità della struttura, che si assume risponda in modo analogo ad un sistema elasto-plastico (§ 5.7.3.4). I valori di questo coefficiente possono essere presi pari a 1.0, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, rispettivamente per un numero di piani pari a 1, 2, 3, 5 e  $\geq 10$ .

Il rapporto  $C_1 = \delta_{inel}/\delta_{el}$  tra il massimo spostamento inelastico di un edificio e il corrispondente spostamento elastico può essere ottenuto dalla seguente relazione:

$$C_1 = 1.0 \text{ for } T_R \geq T_c, \text{ e}$$

$$C_1 = [1.0 + (R-1)T_c/T_g]/R \text{ per } T_R < T_c,$$

dove  $T_c$  è il "corner period" che rappresenta l'inizio del ramo discendente dello spettro di risposta (EC8-Parte1) e  $R = V_{el}/V_y$  il rapporto tra la domanda elastica e la resistenza a snervamento della struttura. Questo rapporto può essere stimato dalla relazione:

$$R = \frac{S_e/g}{V_y/W} \cdot C_m \quad (S5.7) \text{ KANEPE}$$

dove la resistenza a snervamento  $V_y$  è calcolata mediante appropriata bi-linearizzazione della relazione tra il taglio alla base e lo spostamento di sommità dell'edificio, come definito nel paragrafo §5.7.3.4. Per semplicità (e in modo conservativo), il rapporto  $V_y/W$  nell'equazione può essere assunto pari a 0.15 per gli edifici con un sistema strutturale misto (telai-pareti), e pari a 0.10 per edifici con un sistema a telaio puro.

$C_2$ : coefficiente che tiene in considerazione l'influenza della forma del ciclo di isteresi allo spostamento massimo. I suoi valori possono essere ricavati dalla tabella seguente:

Livello prestazionale	T=0.1s		T≥T <sub>c</sub>	
	Tipologia strutturale 1	Tipologia strutturale 2	Tipologia strutturale 1	Tipologia strutturale 2
Occupazione Immediata	1.0	1.0	1.0	1.0
Salvaguardia della Vita	1.3	1.0	1.1	1.0
Prevenzione del Collasso	1.5	1.0	1.2	1.0

**Tabella S5.1 della KANEPE: Valori del coefficiente  $C_2$**

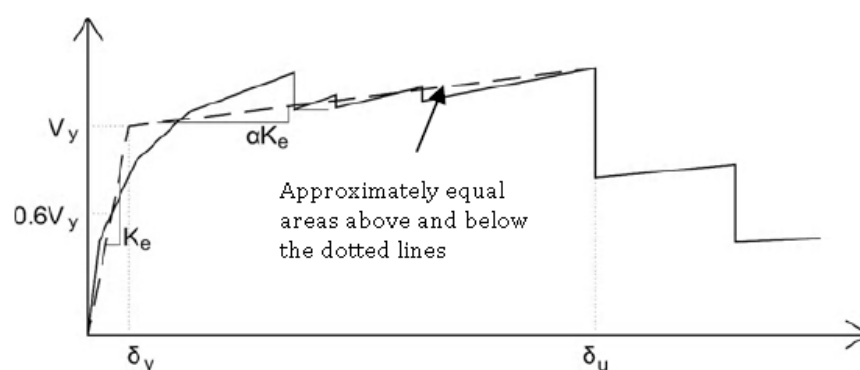
Con i sistemi strutturali del Tipo 1 sono indicate le strutture con bassa duttilità (come gli edifici costruiti prima del 1985 oppure gli edifici la cui curva di capacità è caratterizzata da una duttilità in spostamento inferiore a 2), per i quali ci si aspetta che abbiano un comportamento isteretico inferiore a quello delle strutture con duttilità elevata (del Tipo 2), come gli edifici costruiti dopo il 1985 oppure gli edifici la cui curva di capacità è caratterizzata da una duttilità in spostamento superiore a 2. Dato che l'influenza del comportamento isteretico è maggiore per elevati livelli di risposta strutturale post-elastica, i valori del coefficiente  $C_2$  vengono condizionati dal livello prestazionale.

$C_3$ : coefficiente che tiene in considerazione l'incremento degli spostamenti dovuto agli effetti del secondo ordine (P- $\Delta$ ). Può essere preso pari a  $1+5(\theta-0.1)/T_g$ , dove  $\theta$  è il coefficiente di sensitività dello spostamento interpiano (si veda l'EC8-Parte1). Comunemente (per gli edifici in c.a. e per quelli in muratura) quando  $\theta < 0.1$ , il coefficiente  $C_3$  è preso pari a 1.0.

### Determinazione della relazione forza-spostamento idealizzata elastica-perfettamente plastica

La relazione nonlineare forza-spostamento che mette in relazione il taglio alla base con lo spostamento del nodo di controllo dovrà essere sostituita da una curva idealizzata per la determinazione della rigidezza laterale equivalente  $K_e$  e la corrispondente resistenza di snervamento  $V_y$  dell'edificio.

Si raccomanda che la curva di capacità idealizzata (ossia la relazione forza-spostamento) sia bilineare, con una pendenza del primo ramo pari a  $K_e$  e una pendenza del secondo ramo uguale ad  $\alpha K_e$ . Le due linee che costituiscono la curva bilineare possono essere definite graficamente, sulla base del criterio dell'equivalenza delle aree, definite al di sopra e al di sotto dell'intersezione della curva reale e di quella idealizzata (Figura 5.2 della KANEPE).



**Figura 5.2 della KANEPE: Idealizzazione di un'indicativa curva di capacità con una curva bilineare**

La rigidezza laterale equivalente  $K_e$  è definita come la rigidezza secante che corrisponde ad una forza pari al 60% della forza a snervamento  $V_y$ , quest'ultima definita dall'intersezione delle linee definite sopra. L'inclinazione normalizzata ( $\alpha$ ) del secondo ramo è caratterizzata da una linea retta passante per il punto della curva di capacità nonlineare reale in corrispondenza dello spostamento ultimo ( $\delta_u$ ), oltre il quale si osserva una riduzione significativa della resistenza della struttura (Figura 5.2). In ogni caso, il valore derivato di  $\alpha$  deve essere positivo (o pari a zero), ma non superiore a 0.10 (per essere compatibile con le altre ipotesi fatte dal metodo per la stima dello spostamento target  $\delta_t$ , come il coefficiente  $C_1$ ). La percentuale raccomandata della riduzione della resistenza è il 15%, a condizione che nessun elemento verticale primario abbia raggiunto la rottura a questo livello (in tal caso, la bi-linearizzazione della curva viene effettuata per lo spostamento corrispondente a questa rottura).

### Determinazione del periodo fondamentale

Il periodo fondamentale equivalente, nella direzione esaminata, dovrà essere stimato sulla base della curva di capacità idealizzata.

Il valore  $T_e$  del periodo fondamentale equivalente è derivato dalla seguente espressione:

$$T_e = T \sqrt{\frac{K_0}{K_e}} \quad (S5.5) \text{ KANEPE}$$

dove  $T$  è il periodo fondamentale elastico nella direzione in esame ed è derivato da un'analisi agli autovalori,  $K_0$  è la corrispondente rigidezza laterale elastica, e  $K_e$  è la rigidezza laterale equivalente.

## Appendice A.5 – TBDY

In questa appendice sono illustrati i parametri utilizzati per la valutazione degli edifici in accordo con la Normativa Sismica Turca per gli Edifici - TBDY.

### TIPO DI ANALISI

La pratica corrente in Turchia è regolata dalla TBDY: Normativa Sismica Turca per gli Edifici in combinazione con TS500: Requisiti per la Progettazione e la Costruzione di Strutture in Cemento Armato.

In accordo con la TBDY, per la valutazione e adeguamento di un edificio, può essere utilizzato uno dei seguenti metodi di analisi:

- Analisi Lineare Equivalente al Carico Sismico in accordo con la sezione 4.7 della TBDY;
- Analisi Lineare Modale in accordo con la sezione 4.8 della TBDY;
- Analisi Non-lineare statica (pushover) in accordo con la sezione 5.6 della TBDY;
- Analisi Non-lineare con Storie Temporalì in accordo con la sezione 5.7 della TBDY.

L'analisi statica non lineare è il metodo di riferimento per la valutazione della sicurezza sismica degli edifici esistenti. In SeismoBuild è stato pertanto implementato questo metodo, che si basa su analisi pushover effettuate sotto carichi gravitazionali costanti e carichi orizzontali crescenti in maniera monotona, applicati in corrispondenza della posizione delle masse nel modello, per simulare le forze d'inerzia indotte dall'azione sismica. Poiché il modello è in grado di cogliere sia le non linearità geometriche che le inelasticità dei materiali, questo metodo riesce a descrivere l'evoluzione dei meccanismi di rottura attesi e del danno strutturale.

Ciascuna analisi pushover porta ad una curva di capacità, che è una relazione tra la forza di taglio totale alla base e lo spostamento orizzontale di un punto rappresentativo della struttura, chiamato "nodo di controllo". La domanda all'Obiettivo Prestazionale considerato – Uso Continuativo, Immediata Occupazione, Salvaguardia della Vita o Prevenzione del Collasso – viene determinata confrontando in maniera appropriata la capacità ottenuta dalla curva di pushover e la richiesta di spostamento derivata dallo spettro di risposta elastico smorzato. Per fare ciò, gli spostamenti del "nodo di controllo" vengono definiti in termini di quantità spettrali relative ad un sistema equivalente ad un solo grado di libertà (SDOF) che è derivato dalla risposta a più gradi di libertà (MDOF) stimata in accordo con l'Appendice 5B della TBDY.

La domanda strutturale associata allo spostamento target acquisito deve soddisfare i criteri di verifica definiti nella TBDY. Di conseguenza, la domanda degli elementi strutturali per le verifiche fragili (taglio) e duttili (deformazione di rotazione alla corda) è ritenuta conforme ai limiti che tengono conto: delle proprietà meccaniche della sezione; dell'interazione tra momento, taglio e carico assiale dell'elemento; e del degrado della resistenza/rigidezza associato alla richiesta di duttilità e alla risposta ciclica degli elementi in cemento armato, attraverso un'appropriata considerazione dell'inelasticità del materiale.

### REQUISITI DI PRESTAZIONE

In accordo con la sezione 2.2, 3.4 e 3.5 della TBDY, gli obiettivi della valutazione o adeguamento consistono nella combinazione sia dell'azione sismica che del livello di prestazione, tali da garantire una "probabilità accettabile di superamento nel ciclo di vita dell'edificio" (terremoto di progetto), come mostrato nella tabella sottostante.

	Livello di Prestazione dell'Edificio
--	--------------------------------------

<b>Livello di Rischio Sismico</b>	<b>Uso Continuativo (KK)</b>	<b>Immediata Occupazione (HK)</b>	<b>Salvaguardia della Vita (CG)</b>	<b>Prevenzione del Collasso (BP)</b>
DD-4 (68%/50 anni)	a	b	c	D
DD-3 (50%/50 anni)	e	f	g	H
DD-2 (10%/50 anni)	i	j	k	L
DD-1 (2%/50 anni)	m	n	o	P

#### **Livelli di Prestazione degli Edifici.**

I livelli di prestazione degli edifici sono riferiti allo stato di danneggiamento della struttura definiti attraverso quattro stati limite, chiamati Uso Continuativo (KK), Immediata Occupazione (HK), Salvaguardia della Vita (CG) e Prevenzione del Collasso (BP).

#### **Livello di Prestazione Uso Continuativo (KK)**

L'Uso Continuativo (KK), in accordo con la TBDY, è una condizione per la quale ci si aspetta che il danno sia insignificante e la struttura non necessiti nessuna misura di riparazione. Gli elementi strutturali sono preservati da snervamenti significativi e conservano le loro proprietà di resistenza e rigidità. Gli elementi non strutturali, come tamponature e partizioni, non devono essere danneggiati.

#### **Livello di Prestazione Immediata Occupazione (HK)**

L'Immediata Occupazione (HK), in accordo con la TBDY, è una condizione per la quale ci si aspetta che nessuna attività sia interrotta durante e dopo il terremoto, con la possibile eccezione per attività di minore importanza. Può presentarsi qualche micro-fessura nella struttura.

#### **Livello di Prestazione Salvaguardia della Vita (CG)**

La Salvaguardia della Vita (CG), in accordo con la TBDY, è una condizione per la quale ci si aspetta un danno riparabile alla struttura senza causare perdite o lesioni gravi alle persone e senza danno sostanziale agli oggetti personali e ai materiali contenuti nell'edificio.

#### **Livello di Prestazione Prevenzione del Collasso (BP)**

La Prevenzione del Collasso (BP), in accordo con la TBDY, è una condizione per la quale ci si aspetta un vasto e serio danneggiamento della struttura (non riparabile in genere) durante il terremoto; tuttavia la struttura mantiene la sua capacità di resistenza ai carichi verticali prescritti (durante e per un periodo successivo al sisma), senza mantenere alcun fattore di sicurezza nei confronti di collasso parziale o totale dell'edificio.

I criteri per la selezione degli adeguati Obiettivi di Prestazione possono essere trovati nella TBDY.

### **INFORMAZIONI PER LA VALUTAZIONE STRUTTURALE**

Al fine di scegliere il tipo di analisi ammissibile e fattori di confidenza appropriati, sono definiti i seguenti due livelli di conoscenza:

- Conoscenza limitata
- Conoscenza completa

I fattori determinanti il livello di raccolta dati sono (i) la geometria, che include le proprietà geometriche del sistema strutturale, ad es. tamponamenti in muratura, che possono influire sulla risposta strutturale; (ii) dettagli costruttivi, che includono il numero e il dettaglio delle barre nelle sezioni di cemento armato, il collegamento dei solai con le travi, il legante e i giunti di malta della muratura e la natura di ogni elemento di rinforzo nella muratura; infine (iii) i materiali, ovvero le loro proprietà meccaniche.

### Conoscenza Limitata

Il livello di conoscenza limitata corrisponde ad uno stato limite di conoscenza per cui le informazioni sono ottenute dai disegni costruttivi con sufficiente dettaglio per analizzare la domanda e le capacità dei componenti. I disegni di progetto mostrano lo schema dei carichi gravitazionali e dei sistemi di resistenza all'azione sismica con sufficiente dettaglio. Le informazioni sono verificate da valutazione visiva. In assenza di sufficienti informazioni dai disegni, le informazioni incomplete o mancanti devono essere supportate da una valutazione completa, incluse indagini distruttive o non-distruttive.

### Conoscenza Completa

Il livello di conoscenza completa corrisponde ad uno stato limite di conoscenza per cui le informazioni sono ottenute da documenti di costruzione come disegni costruttivi, schede tecniche, prove sui materiali e certificati di qualità dei materiali riguardanti la struttura originale e successive modifiche. Le informazioni sono verificate da valutazione visiva. In assenza di sufficienti informazioni dai disegni, le informazioni incomplete o mancanti devono essere supportate da una valutazione completa, incluse indagini distruttive o non-distruttive. In caso di assenza di prove sui materiali e certificati di qualità, le proprietà dei materiali devono essere determinate da esaustivi test sui materiali in accordo con il Capitolo 15 della TBDY.

### Fattori di Sicurezza

Nella seguente tabella della sezione 15.2.12 della TBDY sono riportati i fattori di confidenza per ciascun livello di conoscenza.

Livello di Conoscenza	Fattore di Confidenza
Limitata	0.75
Completa	1.00

**Tabella 15.1 della TBDY – Fattori di Confidenza**

## MODELLI DI CAPACITÀ PER LA VALUTAZIONE E VERIFICHE DI SICUREZZA

Tutte le verifiche degli elementi (capacità di rotazione alla corda, capacità di deformazione e resistenza a taglio) possono essere eseguite per tutti gli elementi di tutti i piani, in accordo con la sezione 5 e l'Appendice 15 della TBDY. Inoltre, le verifiche dei nodi trave-colonna possono essere eseguite al fine di determinare la forza di taglio nei nodi.

### Capacità di Rotazione alla Corda

La capacità di deformazione di travi, pilastri e pareti strutturali è definita in termini di *rotazione rispetto alla corda*  $\theta$ , cioè dell'angolo tra la tangente all'asse all'estremità dello snervamento e la corda che collega quell'estremità con l'estremità della luce di taglio  $L_v = M/V$  (= momento/taglio alla sezione di estremità), cioè il punto a momento nullo. Tale rotazione (rispetto alla corda) è anche pari al rapporto di spostamento della membratura, cioè, l'inflessione all'estremità della luce di taglio rispetto alla tangente all'asse all'estremità dello snervamento, diviso per la luce di taglio.

La capacità di deformazione di travi e pilastri è fortemente influenzata dalla mancanza di adeguati dettagli antisismici nell'armatura longitudinale, così come dalla tipologia di barre impiegate, siano esse barre lisce o/e di acciaio fragile lavorato a freddo. Uno sviluppo inadeguato delle sovrapposizioni lungo la lunghezza delle travi e l'altezza dei pilastri e un ancoraggio inappropriato all'interno dei nodi trave-pilastro può governare la risposta dell'elemento all'azione sismica, limitando drasticamente la sua capacità rispetto alla situazione in cui l'armatura è considerata completamente efficace. Vengono prese, quindi, in considerazione le limitazioni, sopracitate, sulla capacità di deformazione.

Il valore di rotazione alla corda per i livelli di prestazione Uso Continuativo (KK) e Immediata Occupazione (HK) è il valore di rotazione di rotazione alla corda allo snervamento flessionale,  $\theta_y$ , che viene calcolato dall'equazione 5.3 e 5.8b della TBDY:

$$\theta_y = \frac{\varphi_y L_s}{3} + 0,0015\eta \left(1 + 1,5 \frac{h}{L_s}\right) + \frac{\varphi_y d_b f_{ye}}{8\sqrt{f_{ce}}} \quad (5.3) \text{ TBDY}$$

Dove  $L_s$  è il rapporto tra il momento,  $M$ , e il taglio,  $V$ ; e  $\eta$  è uguale a 1,0 per travi e pilastri e 0,5 per pareti.

$$\theta_p^{(HK)} = 0 \quad (5.8b) \text{ TBDY}$$

Il valore di rotazione alla corda per il livello di prestazione di Salvaguardia della Vita (CG) è calcolato secondo la seguente equazione:

$$\theta^{(CG)} = \theta_y + \theta_p^{(CG)}$$

Dove  $\theta_y$  è calcolato in accordo con l'equazione (5.3)  $\theta_p^{(CG)}$  in accordo con l'equazione (5.7b) della TBDY:

$$\theta_p^{(CG)} = 0,75\theta_p^{(GO)} \quad (5.7b) \text{ TBDY}$$

Il valore  $\theta_p^{(GO)}$  è calcolato dalla seguente equazione:

$$\theta_p^{(GO)} = \frac{2}{3} \left[ (\varphi_u - \varphi_y) L_p \left(1 - 0,5 \frac{L_p}{L_s}\right) + 4,5\varphi_u d_b \right] \quad (5.6) \text{ TBDY}$$

Il valore di rotazione alla corda per il livello di prestazione Prevenzione del Collasso (BP) è il valore di rotazione alla corda a rottura, che è calcolato come somma della rotazione alla corda allo snervamento e la parte plastica della rotazione alla corda, in accordo con le equazioni 5.3 e 5.6 della TBDY.

$$\theta_u = \theta_y + \theta_p$$

La curvatura a snervamento al termine della sezione è calcolata in accordo con la seguente equazione (Appendice 7A della KANEPE), per le sezioni la cui zona compressa abbia larghezza costante e per i casi in cui lo snervamento della sezione sia dovuto all'acciaio.

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1-\xi_y)d} \quad (A.1) \text{ KANEPE}$$

Se la sezione snerva a causa delle nonlinearità di deformazione del calcestruzzo in compressione, ossia per deformazione delle fibre compresse di estremità superiore a  $\varepsilon_c \approx 1.8 f_c / E_c$ , allora la curvatura a snervamento è calcolata secondo la seguente espressione, dell'Appendice 7A della KANEPE:

$$\varphi_y = (1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8 f_c}{E_c \xi_y d} \quad (A.2) \text{ KANEPE}$$

Il minore dei valori è utilizzato per il calcolo della rotazione alla corda.

Le equazioni proposte da D. Biskinis [2007] sono impiegate per il calcolo della curvatura ultima e alla fine della sezione. Se la rottura è dovuta all'acciaio, allora la curvatura ultima è calcolata in accordo con la seguente espressione:

$$\varphi_{su} = \frac{\varepsilon_{su}}{(1 - \xi_{su})d}$$

Se la rottura della sezione è dovuta al calcestruzzo, allora la curvatura ultima è calcolata in accordo con la seguente espressione:

$$\varphi_{cu} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\xi_{cu}d}$$

**NOTA:** Per la definizione degli altri parametri e per ulteriori dettagli sull'espressione, gli utenti sono pregati di far riferimento alle principali pubblicazioni.

In caso di pilastri circolari, le equazioni sopracitate non possono essere impiegate per il calcolo della curvatura ultima e a snervamento. In SeismoBuild è implementata l'equazione suggerita da D. Biskinis e M. N. Fardis [2013] per il calcolo di  $\varphi_y$  e  $\varphi_u$ .



### ***Incamiciatura in c.a.***

I valori degli elementi incamiciati per  $\theta_y^*$  e  $\theta_u^*$  che sono utilizzati nelle verifiche di capacità dipendono dai corrispondenti valori calcolati secondo le richieste della sezione 5 della TBDY, in accordo con le seguenti limitazioni della sezione 15.10.1 della TBDY:

Rotazione alla corda allo snervamento:

$$\theta_y^* = 0.90\theta_y$$

Rotazione alla corda ultima:

$$\theta_u^* = 0.90\theta_u$$

### ***Fasciatura in FRP***

Il contributo della fasciatura in FRP alla capacità degli elementi è tenuta in considerazione nel calcolo della curvatura ultima e a snervamento dovuta alla rottura del calcestruzzo.

### **Capacità di Deformazione**

Il valore di capacità di deformazione per il livello di prestazione Uso Continuativo(KK) e Immediata Occupazione (HK) è definito dalla seguente equazione 5.8a della TBDY:

$$\begin{aligned} \varepsilon_c &= 0.0025 \\ \varepsilon_s &= 0.0075 \end{aligned} \quad \text{e} \quad (5.8a) \text{ TBDY}$$

Il valore di capacità di deformazione per il livello di prestazione Salvaguardia della Vita (CG) è calcolato secondo la seguente equazione:

$$\begin{aligned} \varepsilon_c^{(CG)} &= 0.75\varepsilon_c^{(GO)} \\ \varepsilon_s^{(CG)} &= 0.75\varepsilon_s^{(GO)} \end{aligned} \quad \text{e} \quad (5.7a) \text{ TBDY}$$

Dove  $\varepsilon_c^{(GO)}$  è calcolato in accordo con le seguenti equazioni della TBDY:

Per pilastri rettangolari, travi e pareti:

$$\varepsilon_c^{(GO)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (5.4a) \text{ TBDY}$$

Per pilastri circolari:

$$\varepsilon_c^{(GO)} = 0.0035 + 0.07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (5.4b) \text{ TBDY}$$

$\varepsilon_s^{(GO)}$  è calcolato in accordo con l'equazione 5.5 of TBDY:

$$\varepsilon_c^{(GO)} = 0.75\varepsilon_{su} \quad (5.5) \text{ TBDY}$$

### ***Fasciatura in FRP***

Il contributo della fasciatura in FRP alla capacità di deformazione degli elementi è tenuta in considerazione in accordo con la sezione 15B.3 dell'Appendice 15B della TBDY.

### **Capacità a momento flettente**

La capacità a momento flettente di travi, pilastri e pareti a sezione prismatica è calcolata secondo il paragrafo 4.1 di D. Biskinis e MN Fardis (2009), mentre per la capacità a momento flettente dei pilastri circolari si fa riferimento al paragrafo 4 di Biskinis e M.N. Fardis (2013).

## Resistenza a Taglio

La resistenza a taglio è calcolata attraverso le seguenti espressioni in accordo con l'Appendice 15B della TBDY, come controllata dalle staffe, tenendo in considerazione anche gli incrementi dovuti alla fasciatura in FRP.

$$V_r = V_c + V_w + V_f \leq V_{\max} \quad (15B.1) \text{ TBDY}$$

dove  $V_c$  è calcolato in accordo con l'equazione 8.1 e 8.4 delle TS500:

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d \left( 1 + \gamma \frac{N_d}{A_c} \right) \quad (8.1) \text{ TS500}$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} \quad (8.4) \text{ TS500}$$

Il contributo dell'armatura trasversale alla resistenza a taglio è calcolato in accordo con l'equazione 8.5 della TS500:

$$V_w = \frac{A_{sw}}{s} f_{ywd} d \quad (8.5) \text{ TS500}$$

Il contributo della camicia in FRP alla resistenza al taglio è calcolato in accordo con la seguente equazione:

$$V_f = \frac{2 n_f t_f w_f E_f \varepsilon_f d}{s_f} \quad (15B.2) \text{ TBDY}$$

La resistenza a taglio di un elemento non può essere considerata maggiore del valore corrispondente alla rottura d'anima,  $V_{\max}$ , che è calcolato in accordo alla seguente espressione:

$$V_{\max} \leq 0.22 f_{cd} b_w d \quad (8.7) \text{ TS500}$$

### ***Incamicatura in c.a.***

Il valore di resistenza a taglio,  $V_R^*$ , degli elementi incamiciati che sono impiegati nelle verifiche di capacità dipendono dai corrispondenti valori calcolati seguendo i requisiti dell'Appendice 15B della TBDY, in accordo con le seguenti limitazioni della sezione 15.10.1 della TBDY:

$$V_R^* = 0.9 V_R$$

### ***Fasciatura in FRP***

Il contributo della camicia in FRP alla resistenza al taglio è tenuta in considerazione in accordo con la sezione 15B.3 dell'Appendice 15B della TBDY, come mostrato sopra.

## Deformazione Assiale di Elementi Metallici

Le Deformazioni Assiali degli Elementi di controvento in tensione e compressione devono soddisfare le disposizioni riportate in tabella 5C.4 del TBDY.

### **Forza Assiale in Elementi Metallici**

Le forze assiali degli elementi di controvento soggetti a trazione e compressione devono soddisfare le prescrizioni della Tabella C3.2 dell'AISC 342-22 e dei Capitoli D ed E dell'AISC 360-16.

Le forze assiali delle colonne in acciaio soggette a trazione devono soddisfare le prescrizioni della Tabella C3.1 dell'AISC 342-22.

Le colonne in acciaio soggette a compressione sono considerate azioni controllate dalla forza e sono state verificate in termini di resistenza a forza assiale secondo il Capitolo E dell'AISC 360-22.

Le travi in acciaio soggette a trazione o compressione sono state verificate solo quando la forza assiale ottenuta dall'analisi è pari o superiore al 10% della loro resistenza a trazione o a compressione, in conformità con il Capitolo 3 dell'AISC 342-22.

## Capacità di Rotazione alla Corda degli Elementi in Acciaio

La verifica della capacità di rotazione alla corda viene eseguita per le travi e le colonne in acciaio secondo le Tabelle 5C.1 e 5C.2 del TBDY.

## Momento Flettente degli Elementi in Acciaio

Le capacità a momento flettente delle colonne e dei controventi in acciaio devono soddisfare le prescrizioni delle Sezioni 4a.2a.1 e 4a.2b del Capitolo C3 dell'AISC 342-22.

Le travi in acciaio sono verificate secondo lo stesso criterio, trascurando la forza assiale quando essa è inferiore al 10% della resistenza a trazione o a compressione.

## Forze di Taglio degli Elementi in Acciaio

Le capacità a taglio di ogni colonna e di ogni controvento in acciaio devono soddisfare le prescrizioni delle Sezioni 4a.3 e 4b.3 del Capitolo C3 dell'AISC 342-22.

## Deformazioni a Taglio degli Elementi in Acciaio

Le travi in acciaio soggette a taglio sono considerate azioni controllate dalla deformazione e sono verificate in termini di deformazione a taglio in accordo con la Tabella C2.4 dell'AISC 342-22.

Le deformazioni a taglio sono calcolate dividendo le forze di taglio ottenute dall'analisi per la rigidezza a taglio  $K_e \cdot L_v$ , come raccomandato dall'AISC 342-22 (Equazione C2.5) per la valutazione della deformazione di snervamento a taglio a partire dalla resistenza a taglio.

## Momento Flettente di Instabilità degli Elementi in Acciaio

La resistenza all'instabilità di ogni elemento in acciaio è calcolata in termini di pressoflessione biassiale combinata e compressione assiale secondo le Sezioni 4a.2a.2 e 4a.2b del Capitolo C3 dell'AISC 342-22.

## Forza di Taglio nei Nodi

La forza di taglio di progetto nei nodi è calcolata mediante la seguente espressione in accordo con la TBDY:

$$V_e = 1.25 f_{yk}(A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol} \quad (7.11) \text{ TBDY}$$

L'opzione di considerare gli sforzi nelle barre d'armatura dalle analisi piuttosto che gli sforzi di snervamento per il calcolo della domanda di forza di taglio orizzontale dei nodi nell'analisi non lineare è disponibile qui. In questo caso, l'espressione per la forza di taglio di progetto nei nodi è la seguente:

$$V_e = (\Sigma A_{s1i} \cdot \sigma_{1i} + \Sigma A_{s2i} \cdot \sigma_{2i}) - V_{kol}$$

Il valore di forza di taglio di progetto nei nodi deve essere minore di della loro resistenza a taglio come mostrato sotto. Sono impiegate due differenti espressioni, in accordo con la sezione 7.5 della TBDY, dipendenti da come i nodi presentino confinamento oppure no, dovuto all'armatura trasversale, come definito in figura 7.10 of TBDY.

Per nodi confinati:

$$V_e \leq 1.7b_j h \sqrt{f_{ck}} \quad (7.12) \text{ TBDY}$$

Per nodi non confinati:

$$V_e \leq 1.0b_j h \sqrt{f_{ck}} \quad (7.13) \text{ TBDY}$$

## Duttilità dei Nodi

Sia gli elementi strutturali che la struttura nel suo insieme devono possedere un'adeguata duttilità secondo la sezione 18.7.3 della EN ACI 318-19.

Negli edifici a telaio con due o più piani, in tutti i nodi delle travi sismiche primarie o secondarie con pilastri sismici primari deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\Sigma M_{nc} \geq (6/5) \Sigma M_{nb} \quad (18.7.3.2) \text{ ACI 318-19}$$

Dove  $\Sigma M_{nc}$  è la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti dei pilastri che inquadrano il nodo e  $\Sigma M_{nb}$  è la somma dei valori di progetto dei momenti resistenti delle travi che incorniciano il nodo. La verifica della duttilità non è effettuata per i nodi dell'ultimo piano degli edifici multipiano secondo la sezione 18.7.3.1 dell'ACI 318-19.

### Capacità a momento di rocking delle fondazioni

La capacità del momento di rocking è verificata secondo la norma ASCE 41-23, capitolo 8.4.5.2.

### Capacità di rotazione di rocking delle fondazioni

La capacità di rotazione di rocking è verificata secondo la norma ASCE 41-23, capitolo 8.4.5.3.

### Capacità a flessione delle fondazioni

La verifica della capacità del momento flettente viene eseguita secondo la norma ACI 318-19. La domanda di momento flettente è calcolata mediante il puro sforzo  $\sigma_{net}$  agente sulla base orizzontale del plinto.

### Capacità a taglio delle fondazioni

La verifica della capacità di taglio viene eseguita secondo la norma ACI 318-19, capitolo 22.5.5.1. La domanda di taglio è calcolata mediante il puro sforzo  $\sigma_{net}$  agente sulla base orizzontale del plinto.

### Capacità a punzonamento delle fondazioni

La verifica della capacità di punzonamento viene effettuato come descritto nella norma ACI 318-19, capitolo 22.6.5.

### Eccentricità delle fondazioni

L'eccentricità del carico non deve superare 1/3 della dimensione in ciascuna direzione della fondazione secondo la norma EN 1997-1, capitolo 6.5.4. La verifica della doppia eccentricità è verificata se la somma dei quadrati delle eccentricità del carico nelle 2 direzioni orizzontali è inferiore a 1/9.

## CURVA DI CAPACITÀ

Ciascuna analisi pushover porta ad una curva di capacità, che rappresenta la relazione tra il taglio totale alla base e lo spostamento orizzontale di un punto rappresentativo della struttura, chiamato "nodo di controllo", con i valori dello spostamento di controllo che variano tra zero e un valore massimo definito dall'utente.

## SPOSTAMENTO TARGET

Lo spostamento target è definito come la domanda sismica derivata dallo spettro di risposta elastico in termini di spostamento di un sistema equivalente ad un grado di libertà. Per definire lo spostamento target di un sistema a più gradi di libertà MDOF si devono seguire una serie di passi in accordo con l'Appendice 5B della TBDY.

Lo spostamento target può essere calcolato tramite l'equazione (5B.12) della TBDY.

$$d_{1,max}^{(X)} = S_{di}(T_1) \quad (5B.12) \text{ TBDY}$$

dove

$$S_{di}(T_1) = C_R S_{de}(T_1) \quad (5B.13) \text{ TBDY}$$

$S_{de}(T_1)$  è la pseudo-accelerazione spettrale corrispondente al periodo fondamentale della struttura  $T_1$  e  $C_R$  è un fattore correttivo che correla gli spostamenti anelastici massimi attesi agli spostamenti calcolati per la risposta elastica lineare. Il valore di  $C_R$  è calcolato in accordo con la seguente equazione:

$$C_R = \frac{\mu(R_y, T_1)}{R_y} \quad (5B.14) \text{ TBDY}$$

dove  $R_y$  è il fattore di riduzione a snervamento calcolato dalla seguente equazione:

$$R_y = \frac{f_e}{f_y} = \frac{S_{ae}(T_1)}{\alpha_{y1}} \quad (5B.15) \text{ TBDY}$$

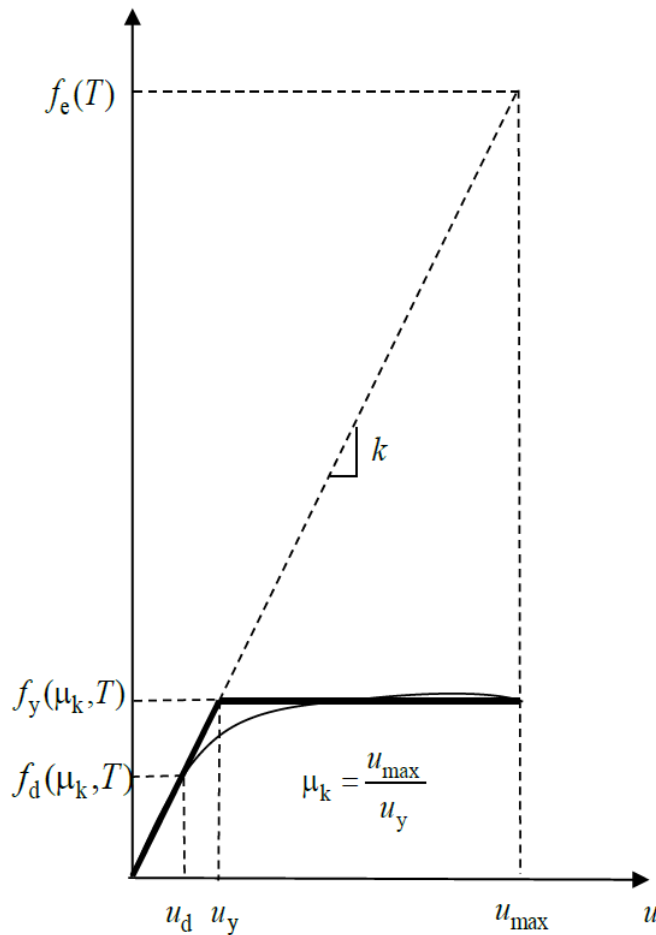
L'equazione (5B.14) per il fattore correttivo  $C_R$  assume la seguente forma utilizzando le equazioni (5B.16) della TBDY:

$$C_R = 1 \text{ for } T_1 > T_B \quad (5B.17a) \text{ TBDY}$$

$$C_R = \frac{1 + (R_y - 1) \frac{T_B}{T_1}}{R_y} \geq 1 \text{ for } T_1 \leq T_B \quad (5B.17b) \text{ TBDY}$$

#### **Determinazione della curva forza-spostamento idealizzata elastica-perfettamente plastica**

La forza di snervamento  $f_y$ , che rappresenta la resistenza ultima del sistema ad un grado di libertà SDOF, è pari al taglio alla base in corrispondenza della formazione del meccanismo di plasticizzazione. La rigidità iniziale del sistema idealizzato è determinata in modo tale che le aree sottese dalle curve forza-spostamento reale e idealizzata siano equivalenti.



**Figura 4A.1 della TBDY Determinazione della curva forza-spostamento idealizzata elastica-perfettamente plastica**



## Appendice B – Basi teoriche e ipotesi di modellazione

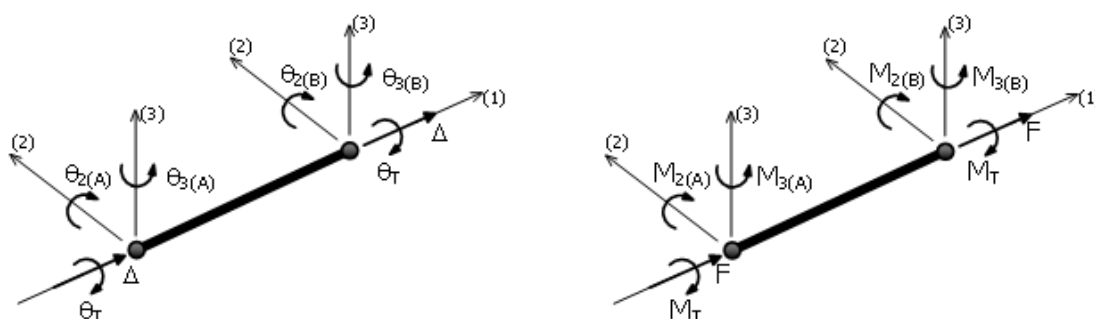
Questa appendice ha lo scopo di fornire agli utenti una breve panoramica dei fondamenti teorici e delle convenzioni di modellazione assunte in SeismoStruct, offrendo anche riferimenti ad una serie di pubblicazioni dove è possibile trovare ulteriori spiegazioni ed approfondimenti.

### NONLINEARITÀ GEOMETRICA

La formulazione alla base di SeismoStruct è una formulazione totalmente co-rotazionale che è stata sviluppata e implementata da Correia and Virtuoso [2006]. In essa vengono presi in considerazione sia i grandi spostamenti/rotazioni che le grandi deformazioni indipendenti rispetto alla corda dell'elemento frame (meglio conosciuti come effetti P-Delta).

La formulazione così implementata si basa su una precisa descrizione delle trasformazioni cinematiche associate ai grandi spostamenti e alle rotazioni tridimensionali dell'elemento trave-colonna. Questo porta non solo ad una corretta definizione delle deformazioni indipendenti e delle forze dell'elemento, ma anche alla naturale definizione degli effetti delle nonlinearità geometriche sulla matrice di rigidezza.

Senza perdere la sua generalità, l'implementazione di questa formulazione considera piccole deformazioni rispetto alla corda dell'elemento, nonostante la presenza di grandi spostamenti nodali e rotazioni. Nel sistema locale alla corda dell'elemento trave-colonna sono definiti sei gradi di libertà fondamentali in spostamento ( $\vartheta_{2(A)}$ ,  $\vartheta_{3(A)}$ ,  $\vartheta_{2(B)}$ ,  $\vartheta_{3(B)}$ ,  $\Delta$ ,  $\vartheta_T$ ) e le corrispondenti forze interne all'elemento ( $M_{2(A)}$ ,  $M_{3(A)}$ ,  $M_{2(B)}$ ,  $M_{3(B)}$ ,  $F$ ,  $M_T$ ), come mostrato nella figura sottostante

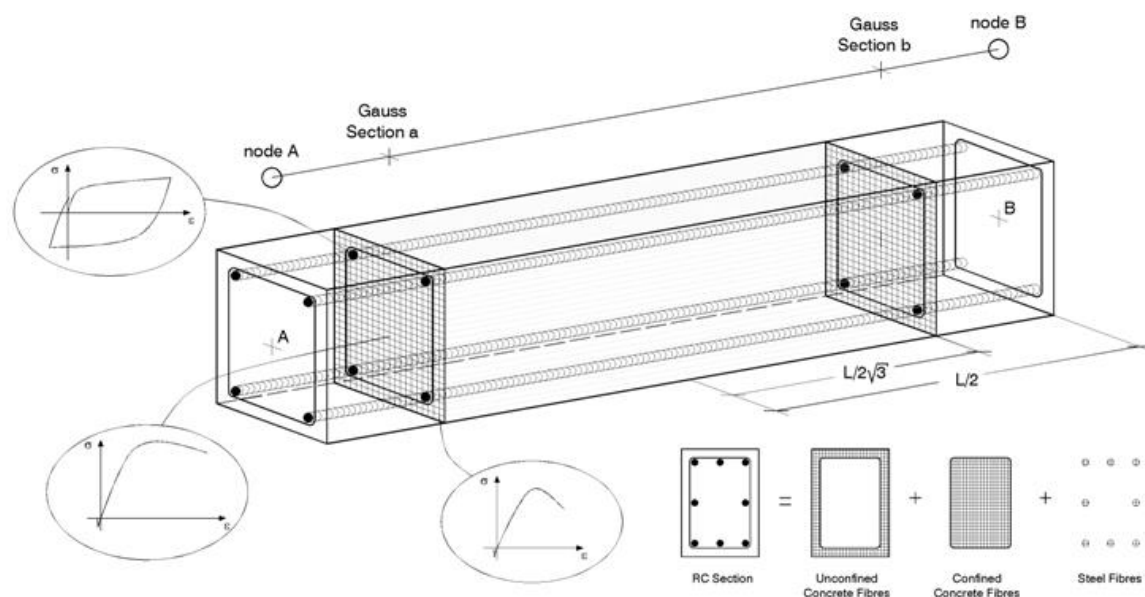


Sistema locale alla corda dell'elemento trave-colonna

### INELASTICITÀ DEL MATERIALE

Gli elementi a plasticità diffusa vengono sempre più impiegati nelle applicazioni dell'ingegneria sismica, sia per scopi di ricerca che nell'ambito tecnico-professionale. Se i vantaggi di questi elementi, rispetto ai più semplici modelli a plasticità concentrata, sono largamente elencati, ad esempio, nelle pubblicazioni di Filippou and Fenves [2004] o di Fragiadakis and Papadrakakis [2008], insieme ad una breve descrizione della loro evoluzione storica ed alla discussione sulle limitazioni esistenti, in questa sede si vuol far semplicemente notare come gli elementi a plasticità diffusa non richiedano (almeno, non necessariamente in modo diretto) una calibrazione di parametri di risposta empirici per ottenere la risposta di un elemento reale o ideale sotto condizioni di carico idealizzate, come invece è necessario fare nel caso dei modelli a plasticità concentrata. In SeismoBuild si fa uso del cosiddetto 'approccio a fibre' per rappresentare il comportamento di una sezione. In questo approccio ad ogni fibra è associata una relazione uniassiale sforzo-deformazione (si veda la figura sottostante);

lo stato tenso-deformativo delle sezioni degli elementi trave-colonna è pertanto ottenuto tramite l'integrazione della risposta uniassiale nonlineare sforzo-deformazione di ciascuna fibra (per default 150) in cui è stata suddivisa la sezione (la discretizzazione di una tipica sezione in cemento armato è rappresentata, a titolo di esempio, nella figura sottostante). Questo tipo di modellazione presenta, inoltre, numerosi vantaggi che possono essere riassunti nel seguito: (i) nessun obbligo di svolgere, per gli elementi, un'analisi propedeutica momento-curvatura, (ii) nessun bisogno di introdurre alcun tipo di comportamento isteretico associato agli elementi (dal momento che tale comportamento è implicitamente definito dai legami costitutivi dei materiali associati alla sezione), (iii) modellazione diretta dell'interazione carico assiale-momento (sia in termini di resistenza che di rigidezza), (iv) rappresentazione diretta del carico biassiale, e infine (v) interazione tra le resistenze flessionali nelle direzioni ortogonali.



**Discretizzazione di una tipica sezione in c.a.**

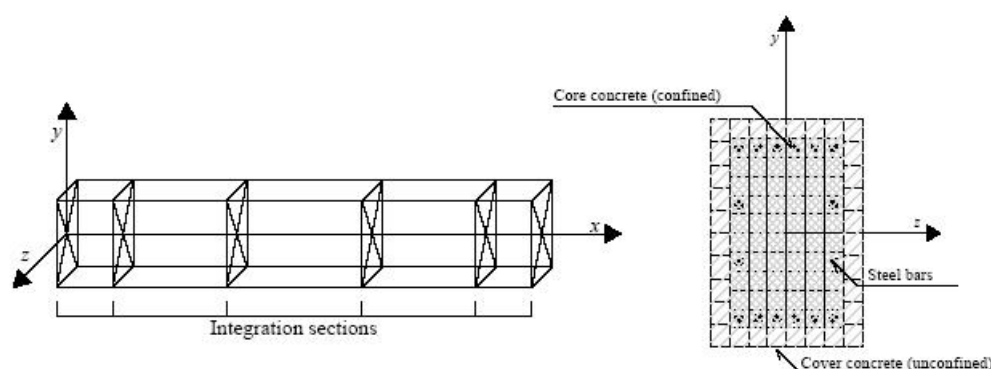
Gli elementi a plasticità diffusa possono essere implementati con due diverse formulazioni agli elementi finiti: la classica formulazione basata sugli spostamenti (displacement-based) (nel seguito denominata DB) [ad es. Helleland and Scordelis 1981; Mari and Scordelis 1984], e la più recente formulazione basata sulle forze (force-based) (nel seguito denominata FB) [ad es. Spacone et al. 1996; Neuenhofer and Filippou 1997].

Nell'approccio basato sugli spostamenti (DB) viene imposto il campo degli spostamenti, mentre quando si impiega un elemento la cui formulazione è basata sulle forze (FB) l'equilibrio è strettamente soddisfatto e non sono posti vincoli allo sviluppo di deformazioni inelastiche in tutto l'elemento; si prega di far riferimento, ad esempio, alle seguenti pubblicazioni per ulteriori chiarimenti: Alemdar and White [2005] e Freitas et al. [1999]. Nell'approccio DB vengono impiegate funzioni di forma in spostamento che corrispondono, ad esempio, ad una variazione lineare della curvatura lungo l'elemento.

Viceversa, nell'approccio FB viene imposta una variazione lineare del momento, cioè il duale della variazione lineare di curvatura precedentemente menzionata. Quando il comportamento del materiale è elastico-lineare, i due approcci ovviamente producono gli stessi risultati (questo è dovuto al fatto che solo le forze nodali agiscono sull'elemento). Al contrario, quando il comportamento del materiale è inelastico, con l'imposizione di un campo di spostamenti non si riesce a catturare la vera deformata poiché il campo di curvatura può essere, in un caso generale, altamente nonlineare. In questa situazione, se si utilizza la formulazione basata sugli spostamenti è necessario procedere con una discretizzazione (meshing) raffinata dell'elemento strutturale (tipicamente 4-5 elementi per ciascun elemento strutturale) per il calcolo di forze/spostamenti nodali, al fine di accettare l'ipotesi di un campo di curvatura lineare all'interno di ciascun sottodominio. Tuttavia, in quest'ultimo caso gli utenti sono invitati a non fare affidamento sui valori delle curvatures di sezione calcolate e sugli stati di sforzo-



deformazione delle singole fibre. Viceversa, la formulazione basata sulle forze è sempre esatta, in quanto non dipende dal comportamento costitutivo assunto per la sezione. Infatti, non limita in alcun modo il campo degli spostamenti dell'elemento. Pertanto, in questo senso questa seconda formulazione può essere considerata come 'esatta', con l'unica approssimazione introdotta dalla definizione di un discreto numero di sezioni di controllo lungo l'elemento, le quali vengono usate per l'integrazione numerica. È richiesto un numero minimo di 3 sezioni d'integrazione Gauss-Lobatto per evitare sotto-integrazione, tuttavia tale opzione non sarà, in generale, in grado di simulare la diffusione dell'inelasticità in modo accettabile. Di conseguenza, il numero minimo di punti di integrazione proposto è 4, anche se in genere vengono utilizzati 5-7 IP (vedi figura sotto) Tale caratteristica consente di modellare ciascun elemento strutturale con un solo elemento finito, permettendo così una corrispondenza biunivoca (one-to-one) tra l'elemento strutturale (trave o pilastro) e l'elemento finito. In altre parole, adottando la formulazione FB teoricamente non è necessario discretizzare gli elementi, a meno che non ci siano variazioni della sezione lungo l'elemento; questo perché il campo delle forze è sempre esatto, indipendentemente dal livello di nonlinearietà.



**Sezioni d'integrazione di Gauss-Lobatto**

In SeismoBuild sono implementate entrambe le formulazioni citate sopra (DB e FB). La formulazione basata sulle forze, però, è generalmente consigliata poiché, come già detto, nella maggior parte dei casi non richiede la suddivisione degli elementi. Questa scelta porta ad avere modelli decisamente più contenuti (in termini di numero di elementi) e gestibili rispetto a quelli ottenuti impiegando elementi con formulazione basata sugli spostamenti; ciò comporta analisi molto più veloci, nonostante i calcoli per il raggiungimento dell'equilibrio dell'elemento siano più pesanti. Un'eccezione a questa regola di 'non-discretizzazione', però, deve essere fatta quando sono attesi effetti di localizzazione; nel qual caso sono necessarie particolari cautele/precauzioni, come discusso in Calabrese et al. [2010].

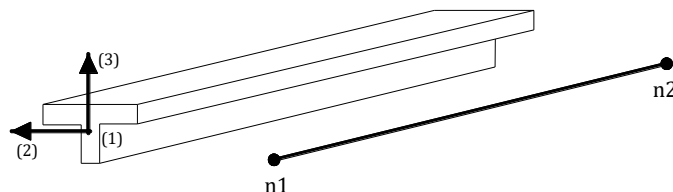
Infine, si sottolinea che, per ragioni di maggior accuratezza, è impiegata la quadratura di Gauss-Lobatto. Le coordinate approssimative lungo la lunghezza dell'elemento (misurate dal suo baricentro) delle sezioni d'integrazione per 4 sezioni d'integrazione sono:  $[-1 \ -0.447 \ 0.447 \ 1] \times L/2$ .

**NOTA:** Gli utenti sono anche invitati a leggere il NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 4 (ossia Deierlein G.G., Reinhorn A.M., and Willford M.R. [2010]), in cui viene bene trattata la modellazione nonlineare.

## SISTEMI DI RIFERIMENTO GLOBALE E LOCALE

In SeismoBuild il sistema di riferimento globale è costituito da una terna di assi cartesiani x-y-z impiegati per definire la lunghezza (x), la profondità (y) e l'altezza (z) di tutti i modelli strutturali. In aggiunta a tale terna, ed essendo un programma di modellazione 3D, SeismoBuild richiede anche l'assegnazione di un sistema di coordinate locali 1-2-3 per ciascun elemento strutturale, definito in modo tale che l'orientamento degli elementi nello spazio sia noto. Per convenzione, la direzione locale (1) si riferisce all'asse dell'elemento, mentre le direzioni (2) e (3) definiscono il piano della sezione e il suo orientamento. Anche se non esiste un'imposizione sull'assegnazione degli assi locali (2) e (3),

è una regola comune associare l'asse (2) alla direzione "più debole" e di conseguenza l'asse (3) alla direzione "più forte" dell'elemento, come mostrato nella figura seguente con riferimento ad un elemento 'trave'. Questa è anche la convenzione adottata nei disegni esplicativi utilizzati nella finestra *Modifica/Visualizza* armatura aggiuntiva, disponibile nella finestra delle proprietà delle sezioni dello strumento *Modellatore Edifici*.



#### Definizione di un elemento trave con sezione a T (direzione locale (1) lungo l'asse della corda)

Mentre l'orientamento del vettore locale (1) è definito, senza ambiguità, dalla linea che collega i due nodi di estremità dell'elemento (la direzione positiva è quella che va dal nodo n1 al nodo n2), la cosiddetta 'regola della mano destra' è utilizzata per descrivere in modo esaustivo l'orientamento degli altri due assi locali, e quindi della sezione.

**NOTA:** Per i pilastri l'orientamento degli elementi è definito automaticamente dal programma. L'orientamento di default per l'asse locale (1) è dal basso verso l'alto, ossia il nodo n1 è il nodo del piano inferiore e il nodo n2 è il nodo del piano sovrastante.

### PROCEDURA DI SOLUZIONE DI PROBLEMI NONLINEARI

Il vero comportamento di una struttura è intrinsecamente nonlineare ed è caratterizzato da variazioni di spostamenti non proporzionali ai carichi, in particolare in presenza di grandi spostamenti o di non linearità dei materiali. In SeismoBuild, quindi, tutte le analisi (con l'ovvia eccezione delle procedure agli autovalori e dell'analisi con spettro di risposta) sono trattate potenzialmente come 'nonlineari', con il conseguente utilizzo di una procedura di soluzione incrementale iterativa, tale per cui i carichi sono applicati tramite incrementi predefiniti e sono equilibrati tramite una procedura iterativa.

#### Algoritmo incrementale iterativo

L'algoritmo di soluzione è alquanto flessibile in quanto permette l'utilizzo di diverse procedure di soluzione: (i) Newton-Raphson (NR), (ii) Newton-Raphson modificato (mNR) o (iii) la procedura ibrida NR-mNR. È evidente come il risparmio in termini di costi di calcolo nella formazione, assemblaggio e riduzione della matrice di rigidezza durante il processo iterativo possa essere significativo qualora si utilizzi la procedura mNR piuttosto che NR. Ad ogni modo, il mNR spesso richiede un maggior numero di iterazioni: ciò può comportare in alcuni casi un eccessivo onere computazionale. Per questa ragione l'approccio ibrido (NR-mNR), in cui la matrice di rigidezza è aggiornata soltanto nelle prime iterazioni dell'incremento di carico, costituisce solitamente la soluzione più ottimale.

La procedura iterativa segue gli schemi classici utilizzati nelle analisi nonlineari, in cui vengono calcolate le forze interne corrispondenti agli incrementi di spostamento ed è verificata la convergenza. Se la convergenza non è raggiunta, vengono allora applicate alla struttura le forze residue non bilanciate (differenza fra il vettore dei carichi applicati e le forze interne equilibrate) e viene calcolato un nuovo incremento di spostamento. Questo ciclo continua finché non viene raggiunta la convergenza ('log flag message' uguale a Converge) oppure finché non si raggiunge il numero massimo di iterazioni specificato dall'utente ('log flag message' uguale a Max\_Ite).

Per ulteriori discussioni e chiarimenti sugli algoritmi descritti sopra, si consiglia agli utenti di far riferimento alle pubblicazioni disponibili in letteratura, come ad esempio Cook et al. [1988], Crisfield [1991], Zienkiewicz and Taylor [1991], Bathe [1996] e Felippa [2002], per citarne solo alcuni.

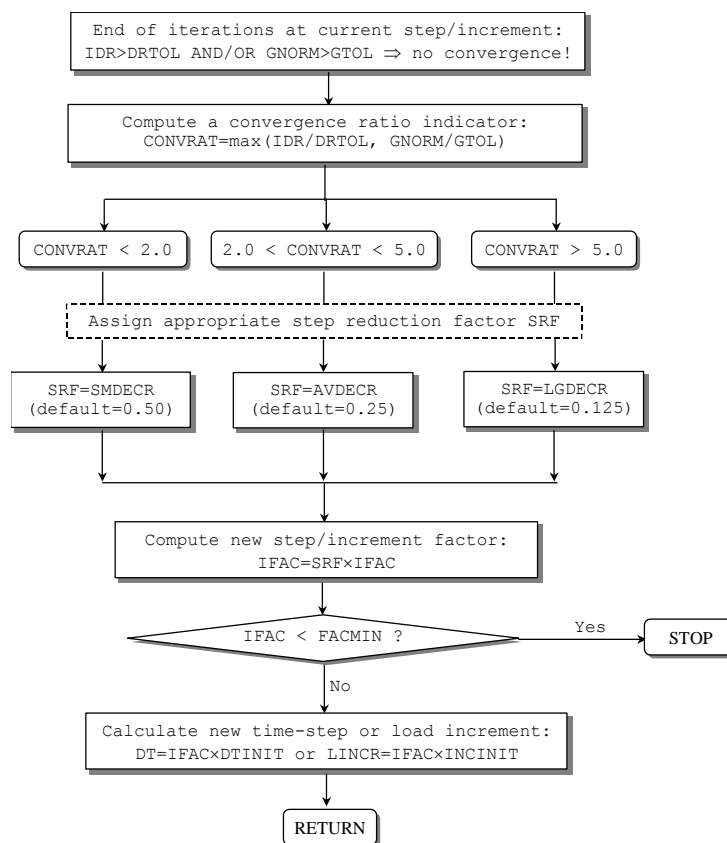
**NOTA:** Ogni singolo elemento con formulazione basata sulle forze richiede un certo numero di iterazioni da svolgere per poter raggiungere l'equilibrio interno. In alcuni casi l'equilibrio ciclico per l'elemento non può essere raggiunto, come segnalato dai 'log flag messages' fbd\_inv e fbd\_ite. Si prega di far riferimento a *Parametri di Analisi > Impostazioni di Analisi > Elementi* per ulteriori informazioni su questo tema.

### Regolazione automatica dell'incremento di carico o del time-step

Come discusso nella sezione precedente, per ciascun incremento, vengono condotte diverse iterazioni fino al raggiungimento della convergenza. Se la convergenza, però, non viene raggiunta in un numero massimo di iterazioni specificato, viene ridotto l'incremento di carico (o l'intervallo di tempo) e l'analisi viene ripresa dall'ultimo punto di equilibrio (ossia dalla fine del precedente incremento o intervallo di tempo). Questa riduzione del passo, comunque, non è costante ma si adatta al livello di non-convergenza verificato.

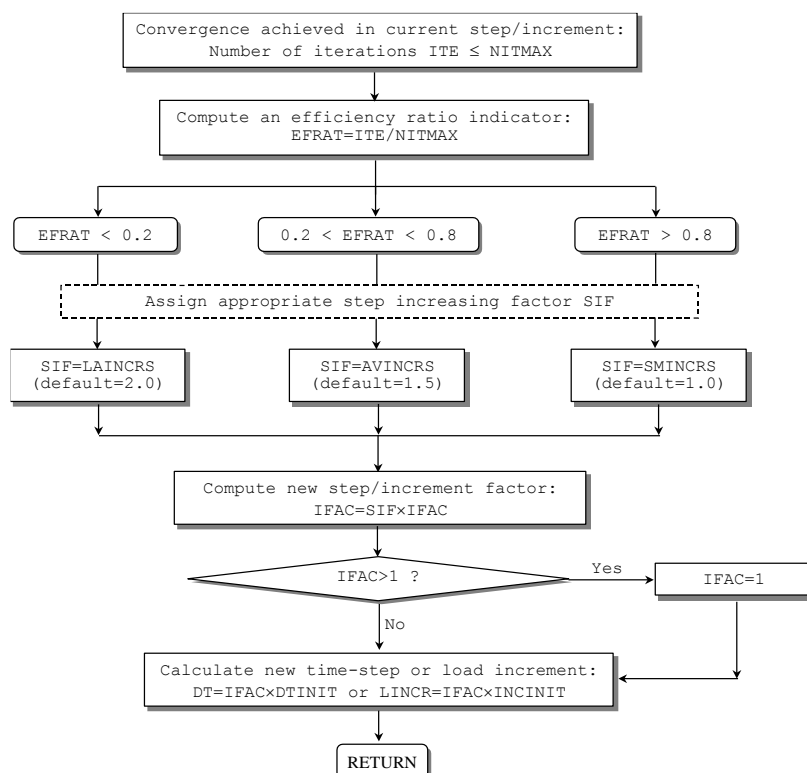
Come illustrato sotto, alla fine del passo di soluzione o dell'incremento viene calcolato un indicatore di convergenza (convrat), definito come il massimo rapporto fra i fattori di convergenza raggiunti e richiesti in spostamento/forza (si vedano i criteri di convergenza). Quindi, a seconda di quanto l'analisi è lontana dal raggiungimento della convergenza (convrat = 1.0), viene adottato un fattore di riduzione del passo (srf) - piccolo, medio o grande - che viene utilizzato nel calcolo del nuovo fattore di incremento (ifac). Il prodotto fra quest'ultimo ed il primo passo di tempo (o incremento di carico), definito dall'utente all'inizio dell'analisi, definisce il passo ridotto dell'analisi da utilizzare nell'incremento successivo.

È utile ricordare che, per evitare che analisi mal-condizionate (che non raggiungono mai la convergenza) continuino a girare all'infinito, l'utente deve impostare un limite minimo per il fattore di incremento (facmin), il quale viene continuamente verificato. Pertanto, se ifac risulta più piccolo di facmin l'analisi viene terminata.



Per minimizzare la durata delle analisi è fondamentale che, una volta raggiunta la convergenza, l'incremento di carico o l'intervallo di tempo siano gradualmente aumentati. Per questa ragione viene calcolato un indicatore di efficienza (efrat), definito come il rapporto tra il numero di iterazioni (ite) condotte per raggiungere la convergenza e il numero massimo di iterazioni ammesso (nitmax). A seconda di quanto l'analisi è lontana dall'efficienza (efrat > 0.8), viene adottato un fattore di incremento del passo (sif) - piccolo, medio o grande - che viene utilizzato nel calcolo del nuovo fattore di incremento (ifac). Il prodotto fra quest'ultimo ed il primo intervallo di tempo (o incremento di carico), definito dall'utente all'inizio dell'analisi, conduce ad un passo aumentato da usare nell'incremento successivo.

Si sottolinea inoltre che il fattore di incremento è limitato superiormente dal valore 1, in modo da assicurare che l'intervallo di tempo o l'incremento di carico non diventino più grandi del corrispondente valore iniziale, definito dall'utente all'inizio dell'analisi.



### Instabilità numerica, divergenza e previsione dell'iterazione

Oltre alla verifica di convergenza, alla fine di ciascun passo di iterazione sono possibili altre tre verifiche della soluzione: (i) instabilità numerica, (ii) divergenza della soluzione e (iii) previsione dell'iterazione. Questi criteri, tutti del tipo 'forza/momento', servono per evitare inutili iterazioni nel caso in cui è evidente che non potrà essere raggiunta la convergenza, minimizzando così la durata dell'analisi.

#### Instabilità numerica

La possibilità che una soluzione diventi numericamente instabile è controllata ad ogni iterazione confrontando la norma euclidea dei carichi non bilanciati,  $G_{\text{norm}}$ , con una tolleranza massima predefinita (valore di default=1.0E+20), di diversi ordini di grandezza maggiore del vettore dei carichi applicato. Se  $G_{\text{norm}}$  supera questa tolleranza, allora la soluzione è assunta essere numericamente instabile e le iterazioni nell'incremento corrente sono interrotte, con un 'log flag message' uguale a Max\_Tol.

In alcune occasioni può capitare che modelli molto instabili possano condurre ad un improvviso sviluppo di forze non bilanciate (out-of-balance forces) che sono diversi ordini di grandezza più grandi del valore massimo di tolleranza. Questo, a sua volta, crea un cosiddetto Problema di soluzione (cioè, l'analisi si interrompe anche se in modo "pulito") e le iterazioni all'interno dell'incremento corrente sono interrotte, con un 'log flag message' uguale a Sol\_Prbl.

### Divergenza della soluzione

La divergenza della soluzione è controllata confrontando il valore di  $G_{\text{norm}}$  ottenuto nell'iterazione corrente con quello ottenuto nell'iterazione precedente. Se  $G_{\text{norm}}$  è aumentato, allora si assume che la soluzione sta divergendo e le iterazioni nell'incremento corrente sono interrotte, con un 'log flag message' uguale a Diverge.

### Previsione dell'iterazione

Infine viene fatta anche una verifica sull'incremento logaritmico di convergenza al fine di prevedere il numero di iterazioni (itepred) richieste per raggiungere la convergenza. Se itepred è maggiore del numero massimo di iterazioni specificato dall'utente, allora si assume che la soluzione non raggiungerà la convergenza e le iterazioni nell'incremento corrente sono interrotte, con un 'log flag message' uguale a Prd\_Ite.

Per calcolare il valore di itepred è impiegata la seguente equazione, in cui ite rappresenta il numero corrente di iterazioni e  $G_{\text{tol}}$  è la tolleranza forza/momento:

$$\text{itepred} = \text{ite} + \frac{\log\left(G_{\text{tol}}/G_{\text{norm}}^{\text{ite}}\right)}{\log\left(G_{\text{norm}}^{\text{ite}}/G_{\text{norm}}^{\text{ite}-1}\right)}$$

Nell'ambito delle analisi svolte con SeismoBuild le tre verifiche descritte sopra sono solitamente affidabili ed efficaci, purché le verifiche di divergenza e di previsione dell'iterazione non vengano effettuate durante le prime iterazioni di ciascun passo incrementale, quando la soluzione potrebbe non essere ancora sufficientemente stabile. Questo argomento è discusso in maggior dettaglio nella sezione sulla *Strategia Iterativa*, dove sono descritti tutti i parametri in relazione con questi criteri.

**NOTA:** Ogni singolo elemento con formulazione basata sulle forze richiede un certo numero di iterazioni da svolgere per poter raggiungere l'equilibrio interno. In alcuni casi, l'equilibrio ciclico per l'elemento non può essere raggiunto, come segnalato dai 'log flag messages' fbd\_inv e fbd\_ite. Si prega di far riferimento al menu *Parametri Analisi > Impostazioni di Analisi > Elementi* per ulteriori informazioni su questo tema.

### Lista dei Messaggi di Convergenza e Divergenza di SeismoBuild

Nel seguito sono elencati i messaggi forniti dal solutore di SeismoBuild come output nel caso in cui non vi sia divergenza, insieme ai possibili provvedimenti che l'utente può prendere affinché l'analisi giunga a convergenza.

**Converg:** Questo messaggio sta a significare che l'analisi ha raggiunto la convergenza nello 'step' di carico corrente e che sta procedendo allo 'step' successivo.

**Max\_Ite:** Questo messaggio appare quando nello 'step' di carico corrente è stato raggiunto il numero massimo di iterazioni senza arrivare ancora a convergenza. In questi casi si consiglia di: (i) aumentare il numero massimo di iterazioni (*Impostazioni di Analisi > Strategia Iterativa*), oppure (ii) aumentare i valori dei criteri di convergenza (*Impostazioni di Analisi > Criteri di Convergenza*), oppure (iii) impiegare un controllo di convergenza meno severo (es. *Criterio basato SOLO su Spostamenti/Rotazioni* al posto di quello *basato su Spostamenti/Rotazioni E Forze/Momenti*).

**Prd\_Ite:** Questo messaggio è simile a Max\_Ite, con la differenza che il solutore non aspetta che venga raggiunto il numero massimo di iterazioni, bensì effettua una previsione del numero di iterazioni, che si ritiene siano necessarie per la convergenza, in base a come la soluzione iterativa sta convergendo (ossia, dimensione delle forze non bilanciate, e quanto velocemente la tolleranza di convergenza è stata raggiunta). Se le iterazioni previste sono maggiori delle iterazioni massime specificate dall'utente, viene mostrato il messaggio Prd\_Ite e l'analisi diverge.

In tali casi si consiglia di (i) il numero massimo di iterazioni (*Impostazioni di Analisi > Strategia Iterativa*), oppure (ii) scegliere un criterio di convergenza più flessibile con tolleranze di convergenza più grandi (*Impostazioni di Analisi > Criteri di Convergenza*), oppure (iii) aumentare i passi dell'analisi, come nel caso del messaggio Max\_Ite.

**NOTA:** Prd\_Ite è il messaggio di divergenza più comune.

**Diverge:** Questo messaggio viene mostrato quando il processo iterativo nel passo corrente sta divergendo, invece di convergere alla soluzione. Si precisa che il controllo per le soluzioni divergenti è sempre effettuato dopo l'Iterazione di Divergenza che è specificata dall'utente in *Impostazioni di Analisi > Strategia Iterativa*. Ciò avviene perché in genere le procedure di soluzione sono instabili nei primi 3-4 passi iniziali, prima di diventare stabili e convergere gradualmente alla soluzione. Si consiglia agli utenti di (i) aumentare l'Iterazione di Divergenza e il numero massimo di iterazioni nel tab *Strategia Iterativa* delle *Impostazioni di Analisi*, oppure (ii) scegliere un criterio di convergenza più flessibile nel tab *Criteri di Convergenza*, oppure (iii) diminuire lo 'step' di carico.

**elm\_Ite:** Questo messaggio compare quando viene raggiunto il numero massimo di iterazioni nel ciclo interno degli elementi che richiedono iterazioni a livello del singolo elemento (infrmFB e infrmFBPH), senza che l'equilibrio interno sia stato raggiunto. Si consiglia agli utenti di (i) aumentare il numero di iterazioni, oppure (ii) aumentare la tolleranza di convergenza nella scheda *Elementi* delle *Impostazioni di Analisi*. In alternativa può essere deselezionata l'opzione 'Non consentire forze elemento non equilibrate in caso di elm\_ite'. Infine, può essere preso un provvedimento sul livello globale, per esempio può essere ridotto il passo di carico dell'analisi (aumentando gli incrementi del fattore di carico oppure i passi di tempo), e possono essere aumentati i criteri di convergenza globali. Gli utenti sono invitati a fare riferimento alla documentazione specifica [es. Spacone et al. 1996; Neuenhofer and Filippou 1997] per una miglior comprensione dei cicli interni degli elementi con formulazione basata sulle forze.

**elm\_Inv:** Questo messaggio compare quando la matrice di rigidezza di un elemento che impiega iterazioni interne non può essere invertita durante i cicli interni dell'elemento. In questi casi si consiglia agli utenti di (i) aumentare la tolleranza di convergenza degli elementi nella scheda *Elementi* delle *Impostazioni di Analisi*, oppure (ii) diminuire il passo di carico dell'analisi globale oppure (iii) aumentare i valori della tolleranza di convergenza.

**elm\_Tol:** Questo messaggio appare quando il valore massimo di tolleranza, come specificato nella pagina *Strategia Iterativa* delle *Impostazioni di Analisi*, è stato superato durante i cicli interni dell'elemento per gli elementi con formulazione basata sulle forze. Dovrebbero essere presi provvedimenti simili a quelli per il messaggio elm\_Inv.

**Max\_Tol:** Questo messaggio indica soluzioni che diventano molto instabili numericamente, con forze non bilanciate più grandi della Tolleranza Massima (default=1.0E+20) che è specificata nella pagina *Strategia Iterativa* delle *Impostazioni di Analisi*. Gli utenti sono invitati a diminuire l'incremento di carico, oppure ad adottare criteri di convergenza più flessibili. In alternativa può essere aumentata la Tolleranza Massima senza, però, che i suoi valori superino 1.0E+35 o 1.0E+40, sebbene si osserva che in pochissimi casi l'ultimo valore porterà a soluzioni stabili. Se il messaggio Max\_Tol appare nei primi 2-3 passi dell'analisi, o durante l'applicazione dei carichi iniziali, si suggerisce di eseguire un'analisi agli autovalori per accertarsi che tutti gli elementi del modello siano collegati correttamente tra di loro.

**Sol\_Prb:** Questo messaggio indica che il programma non è in grado di trovare una soluzione delle equazioni dell'analisi nell'iterazione corrente. Ci sono numerose ragioni per questo comportamento, come ad esempio valori estremi di forze non bilanciate o valori diagonali di rigidezza nulli. Dovrebbero essere presi provvedimenti simili a quelli per il messaggio Max\_Tol.

### Suggerimenti per Risolvere i Problemi di Convergenza

Si suggeriscono una serie di passi da seguire per risolvere i problemi di convergenza. Gli utenti sono pregati di:



- Applicare l'adattamento automatico dei criteri nella scheda *Criteri di Convergenza* delle *Impostazioni Avanzate* del programma (Parametri dell'Analisi > Impostazioni Avanzate).
- Selezionare *mostra problemi di Convergenza* nel post-processore attraverso Parametri dell'Analisi > Impostazioni Avanzate > scheda criteri di Convergenza. La visualizzazione delle posizioni (elementi o nodi) in cui insorgono difficoltà di convergenza, forniscono un importante feedback per l'identificazione della causa della divergenza (ad es. travi sotto-armate che non riescono a sostenere i carichi gravitazionali, elementi con domanda di deformazione molto elevata, come pilastri tozzi o travi di accoppiamento, ecc.).
- Non spuntare *'Non consentire forze elemento non equilibrate in caso di elm\_lte'* per tipi di elementi basati sulle forze (infrmFB e infrmFBPH) nella scheda *Strategia Iterativa degli Elementi* delle *Impostazioni Avanzate*.
- Ridurre il valore di *Massimo Spostamento Interpiano* nella scheda *Analisi* delle verifiche da Normativa. Questo valore non deve superare 1.00 o 1.20% per edifici alti e per edifici rigidi con larghe pareti di taglio.
- Assegna 100 passi nella scheda *Analisi* delle *Richieste da Normativa*. Questo valore deve essere ulteriormente aumentato nel caso ci si aspetti carichi significativi.
- Seleziona *'Applica Elementi Frame con formulazione Basata sugli Spostamenti a Tutti gli Elementi con Lunghezza (m)'* nella scheda di *Modellazione Avanzata dell'Edificio* della scheda *Impostazioni Avanzate* (Parametri dell'Analisi > Impostazioni Avanzate), al fine di utilizzare i tipi di elemento infrmDB per elementi tozzi. Questo cambiamento tipicamente permette di migliorare la convergenza.
- Incrementare il massimo numero di iterazioni a 70, il numero di aggiornamenti della rigidezza a 60 e le iterazioni di divergenza a 60 nella scheda *Strategia Iterativa* delle *Impostazioni Avanzate* (Parametri dell'Analisi > Impostazioni Avanzate).
- Usare il tipo di elemento frame elastico per travi di accoppiamento crea problemi di convergenza. In questi casi il rilascio del momento degli elementi deve avvenire selezionando caselle per i gradi di libertà M2a, M3a, M2b e M3b, attraverso i *Parametri Avanzati di Modellazione degli Elementi* nel *Modellatore Edifici*, al fine di tenere in considerazione la formazione di cerniere plastiche alle estremità delle travi di accoppiamento.
- Incrementare i valori dei criteri di convergenza dalla scheda *Criteri di Convergenza* delle *Impostazioni Avanzate del programma* (Parametri dell'Analisi > Impostazioni Avanzate).
- Incrementare la rigidezza del diaframma rigido a  $1.0E+13$  attraverso la scheda *Vincoli Interni* delle *Impostazioni Avanzate*.
- Selezionare che il Nodo di Controllo sia sul lato dell'edificio con la massima domanda di deformazione, attraverso la scheda *Modellazione Strutturale* delle *Impostazioni di Modellazione Edifici* all'interno del *Modellatore Edifici*.
- Se i messaggi di divergenza dell'analisi indicano per la maggior parte Max\_Tol o fbd\_tol, incrementare il valore di *Tolleranza Massima* a  $1e40$  nella scheda *Strategia Iterativa* delle *Impostazioni Avanzate* (Parametri dell'Analisi > Impostazioni Avanzate).
- Incrementare il numero di fibre per pareti nei Parametri Avanzati di Modellazione Elementi all'interno del *Modellatore Edifici*.
- Per edifici alti non spuntare la casella *Includi Nonlinearità Geometriche* nella scheda *Analisi* delle *Impostazioni Avanzate*.

Inoltre:

- si avvisano gli utenti di controllare l'ultimo o gli ultimi 2-3 passi dell'analisi con problemi di convergenza al fine di capire e risolvere le cause della divergenza. In questi casi si deve consultare la pagina *Problemi di Convergenza* del post-processore. Inoltre, far girare un'analisi agli Autovalori con lo stesso modello può offrire spunti per la risoluzione del problema (ad es. identificare una trave vicina, ma non collegata, al pilastro adiacente, e si comporta come una mensola, non capace di sostenere il carico gravitazionale);
- Si noti che gli elementi che causano problemi di divergenza non sono necessariamente quelli che resistono a carichi significativi. Questi elementi sono quelli che al passo corrente incrementano il cambiamento tangenziale dello stato di deformazione / redistribuzione delle forze interne.

Quindi, a volte, gli elementi che hanno raggiunto la rottura possono incrementare significativamente il carico sopportato dagli elementi adiacenti, così da condurli ad avere problemi di convergenza, al contrario degli elementi stessi che hanno raggiunto la rottura, i quali convergono facilmente;

- la rimozione della larghezza effettiva delle travi deve essere considerata non spuntando la casella 'Includi Larghezza Effettiva' nella scheda Modellazione Strutturale delle Impostazioni di Modellazione Edifici all'interno del Modellatore Edifici.



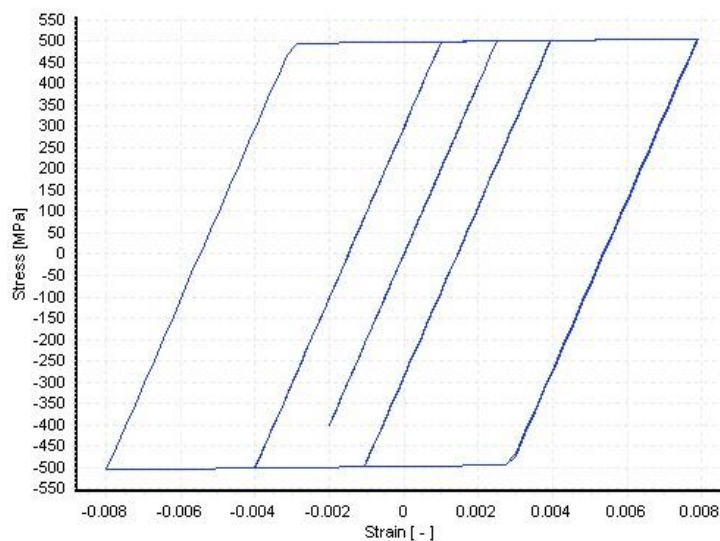
## Appendice C– Materiali

In questa appendice sono descritti in dettaglio i diversi materiali disponibili nel programma.

### MATERIALI PER L'ACCIAIO

#### Modello bilineare per acciaio - stl\_bl

Si tratta di un modello uniassiale sforzo-deformazione bi-lineare con incrudimento cinematico, in cui il ramo elastico rimane costante durante le varie fasi di carico e la legge di incrudimento cinematico per la superficie di snervamento è assunta come una funzione lineare dell'incremento di deformazione plastica. Questo semplice modello è inoltre caratterizzato da parametri di calibrazione facilmente identificabili e dalla sua efficienza computazionale. Può essere usato sia nella modellazione di strutture in acciaio, dove è solitamente impiegato acciaio dolce, sia nella modellazione di strutture in calcestruzzo armato, dove è di solito utilizzato acciaio inossidato. Inoltre, come discusso da Prota et al. [2009], con una corretta calibrazione, questo modello, inizialmente sviluppato pensando alle barre d'armatura nervate, può essere anche impiegato per modellare barre lisce, spesso presenti nelle strutture esistenti.

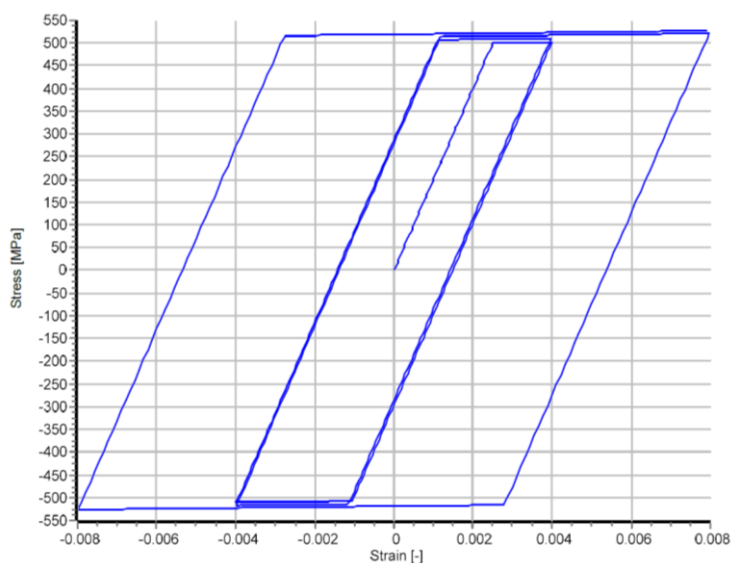


**Modello bilineare per acciaio**

Per descrivere le caratteristiche meccaniche del materiale, rispettivamente, esistente o nuovo, gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza dell'acciaio e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico.

#### Modello bilineare per acciaio con incrudimento isotropo - stl\_bl2

Si tratta di un modello uni-assiale sforzi-deformazione caratterizzato da una legge di incrudimento cinematico lineare e una configurazione opzionale di incrudimento isotropo che è descritto da una legge non lineare.

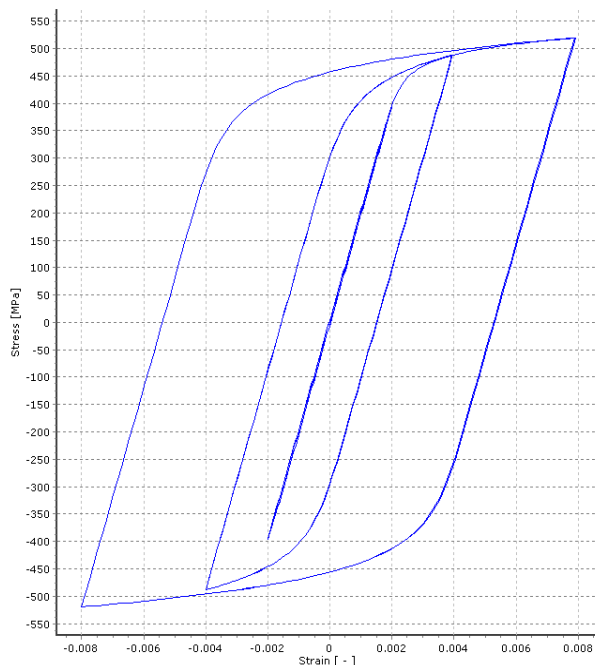


**Modello bilineare per acciaio con incrudimento isotropo**

Gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza dell'acciaio e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico per descrivere, rispettivamente, le caratteristiche meccaniche di materiali esistenti o nuovi.

#### Modello di Ramberg-Osgood per acciaio- *stl\_ro*

Si tratta del modello sforzo-deformazione di Ramberg-Osgood [Ramberg and Osgood, 1943], come descritto nel lavoro di Kaldjian [1967] e Otani [1981].

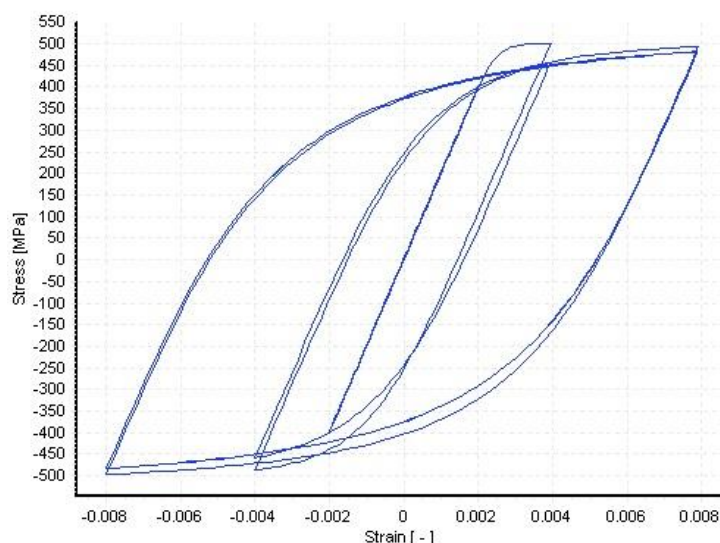


**Modello di Ramberg-Osgood per acciaio**

Gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza dell'acciaio e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico per descrivere, rispettivamente, le caratteristiche meccaniche di materiali esistenti o nuovi.

### Modello di Menegotto-Pinto per acciaio - stl\_mp

Si tratta di un modello uniassiale per l'acciaio, inizialmente programmato da Yassin [1994] sulla base di una semplice ma efficiente relazione sforzo-deformazione proposta da Menegotto and Pinto [1973], e successivamente arricchita con le leggi di incrudimento isotropo proposte da Filippou et al. [1983]. L'attuale implementazione segue quella effettuata da Monti et al. [1996]. In aggiunta, questo modello ingloba anche una regola di "memoria" (proposta da Fragiadakis et al. [2008]) per una maggiore stabilità/precisione numerica quando viene applicato un carico sismico transiente. Il suo impiego dovrebbe essere limitato alla modellazione di strutture in cemento armato, in particolare quelle soggette a storie di carico complesse, in cui si possono verificare significative inversioni di carico.

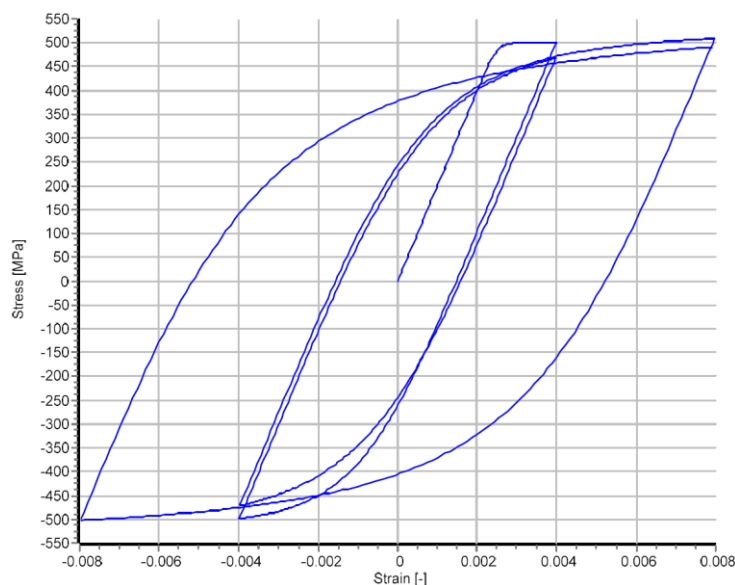


**Modello di Menegotto-Pinto per acciaio**

Per descrivere le caratteristiche meccaniche del materiale, rispettivamente, esistente o nuovo, gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza dell'acciaio e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico.

### Modello di Giuffre-Menegotto-Pinto per acciaio con incrudimento isotropo – stl\_gmp

Si tratta del modello uni-assiale Giuffre-Menegotto-Pinto con incrudimento opzionale isotropo descritto da una legge non-lineare. Il passaggio da comportamento elastico a plastico è descritto dal Modello di Giuffre-Menegotto-Pinto. Il modello materiale fu descritto dettagliatamente da Filippou et al. [1983]. Il materiale può essere utilizzato per la modellazione del comportamento dell'acciaio da armatura nelle strutture in c.a., specialmente nel caso di carichi invertiti.

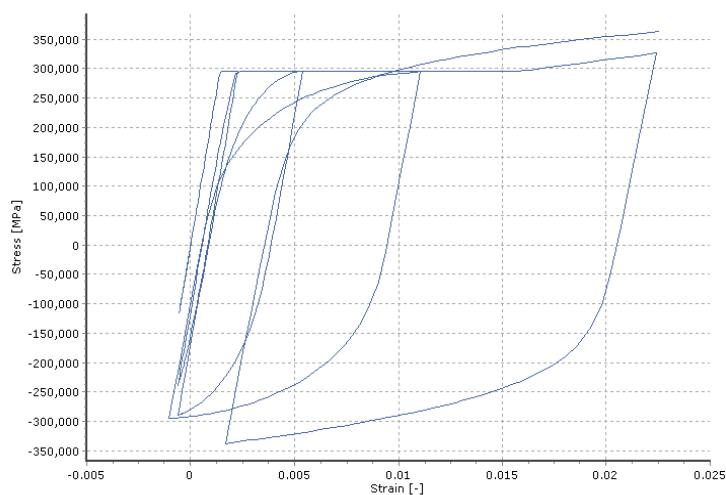


#### Modello di Giuffre-Menegotto-Pinto per acciaio con incrudimento isotropo

Per descrivere le caratteristiche meccaniche del materiale, rispettivamente, esistente o nuovo, gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza dell'acciaio e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico.

#### Modello di Dood-Restrepo per acciaio - `stl_dr`

Si tratta di un modello uniassiale per l'acciaio, inizialmente programmato da Dood and Restrepo [1995]. Considera la riduzione del modulo di scarico con la deformazione plastica, mentre la riduzione della deformazione ultima a trazione è presa unicamente in funzione della massima deformazione a compressione, quando il numero di cicli è sufficientemente piccolo da ignorare gli effetti della fatica per cicli bassi.

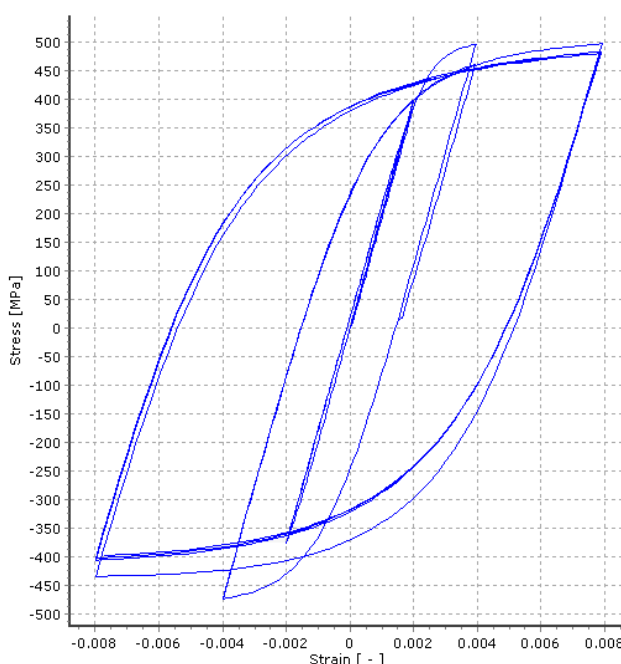


#### Modello di Dodd-Restrepo per acciaio

Per descrivere le caratteristiche meccaniche del materiale, rispettivamente, esistente o nuovo, gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza dell'acciaio e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico.

### Modello di Monti-Nuti per acciaio - stl\_mn

Si tratta di un modello uniassiale per l'acciaio, inizialmente programmato da Monti et al. [1996], che è in grado di descrivere il comportamento post-elastico con instabilità delle barre in compressione. Questo modello impiega la relazione sforzo-deformazione proposta da Menegotto and Pinto [1973], insieme alle leggi di incrudimento isotropo proposte da Filippou et al. [1983] e alle leggi di instabilità proposte da Monti and Nuti [1992]. In aggiunta, questo modello ingloba anche una regola di "memoria" (proposta da Fragiadakis et al. [2008]) per una maggiore stabilità/precisione numerica quando viene applicato un carico sismico transiente. Il suo impiego dovrebbe essere limitato alla modellazione di strutture in cemento armato, in cui si può verificare l'instabilità delle barre (ad esempio colonne soggette a severi carichi ciclici). Inoltre, come discusso da Prota et al. [2009], con una corretta calibrazione, questo modello, inizialmente sviluppato pensando alle barre d'armatura nervate, può essere anche impiegato per modellare barre lisce, spesso presenti nelle strutture esistenti.

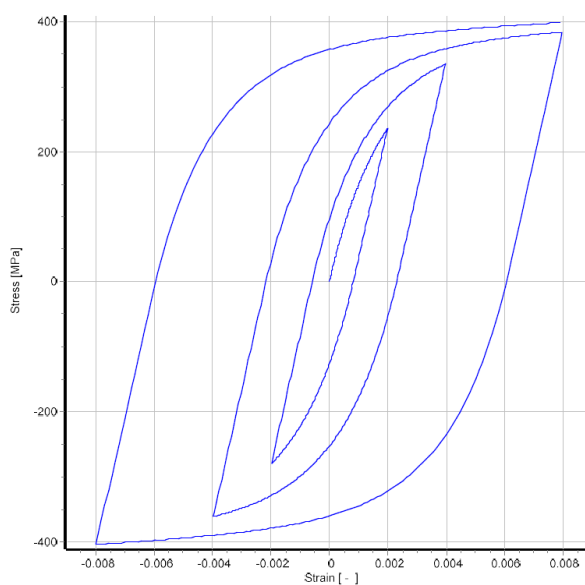


**Modello di Monti-Nuti per acciaio**

Per descrivere le caratteristiche meccaniche del materiale, rispettivamente, esistente o nuovo, gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza dell'acciaio e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico.

### Modello per Controvento in Acciaio a Instabilità Impedita - stl\_brb

Stl\_BRB è un modello uniassiale per l'acciaio che descrive il comportamento di un controvento ad instabilità impedita. Il modello è stato presentato da Zona et al. [2012]



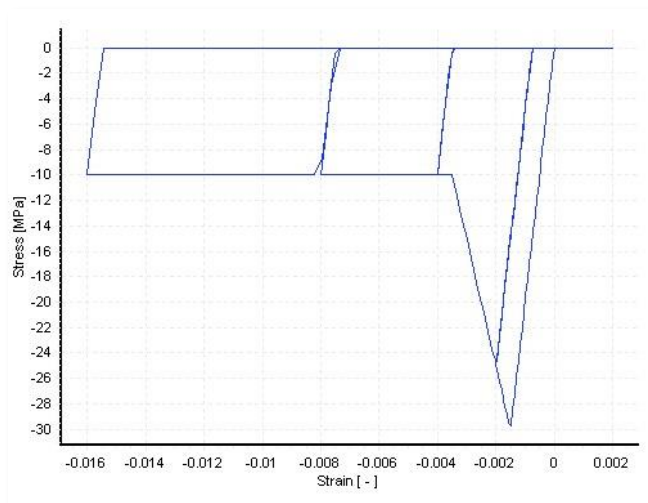
**Modello per Controvento in Acciaio a Instabilità Impedita**

Gli utenti devono assegnare il valore medio di resistenza dell'acciaio e il valore medio sottratto della deviazione standard oppure il valore caratteristico per descrivere le caratteristiche meccaniche rispettivamente di un materiale esistente o nuovo.

## MATERIALI PER IL CALCESTRUZZO

### Modello trilineare per calcestruzzo - con\_tl

Si tratta di un modello uniassiale trilineare semplificato per calcestruzzo che assume resistenza nulla a trazione e presuppone un plateau di resistenza residua a compressione.

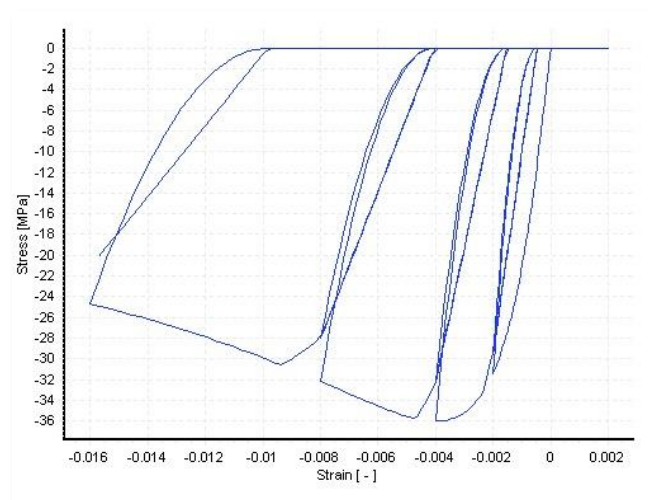


**Modello trilineare per calcestruzzo**

Per descrivere le caratteristiche meccaniche del materiale, rispettivamente, esistente o nuovo, gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza del calcestruzzo e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico.

### Modello di Mander et al. per calcestruzzo - con\_ma

Si tratta di un modello uniassiale nonlineare a confinamento costante per calcestruzzo, inizialmente programmato da Madas [1993], che segue la legge costitutiva proposta da Mander et al. [1988] e le leggi cicliche proposte da Martinez-Rueda and Elnashai [1997]. Gli effetti del confinamento forniti dall'armatura trasversale sono incorporati attraverso le regole proposte da Mander et al. [1988], nella quali si assume una pressione di confinamento costante attraverso l'intero campo di sforzi-deformazioni.



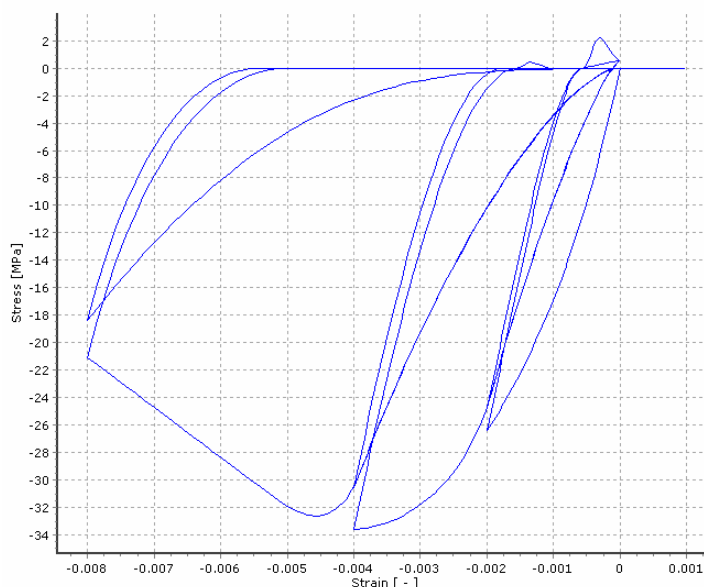
**Modello di Mander et al. per calcestruzzo**

Per descrivere le caratteristiche meccaniche del materiale, rispettivamente, esistente o nuovo, gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza del calcestruzzo e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico.

**NOTA:** Il fattore di confinamento impiegato da questo materiale è un fattore di confinamento costante, definito come il rapporto tra lo sforzo di compressione nel calcestruzzo confinato e non confinato, ed è usato per scalare la relazione sforzo-deformazione in tutto il range di deformazioni. Sebbene possa essere calcolato utilizzando un qualunque modello di confinamento disponibile in letteratura [ad esempio Ahmad and Shah, 1982; Sheikh and Uzumeri, 1982; Eurocodice 8, 2004; Penelis and Kappos, 1997], il programma utilizza la formula di Mander et al. [1989]. Il suo valore solitamente varia tra 1.0 e 2.0 per elementi in calcestruzzo armato.

### Modello di Chang-Mander per calcestruzzo - con\_cm

È l'implementazione del modello per calcestruzzo di Chang e Mander [Chang and Mander, 1994], che pone particolare enfasi sulla transizione della relazione sforzi-deformazioni al momento dell'apertura e della chiusura delle fessure, a differenza di altri modelli simili che assumono la chiusura improvvisa delle fessure con un rapido cambiamento del modulo nella sezione. Il calcestruzzo a trazione è modellato con un comportamento ciclico simile a quello del calcestruzzo a compressione e gli involuipi del modello per compressione e trazione controllano la pendenza del legame sforzi-deformazioni all'origine e la forma dei rami ascendenti e discendenti (ossia pre-picco e post-picco) del medesimo legame sforzi-deformazioni.



**Modello di Chang-Mander per calcestruzzo**

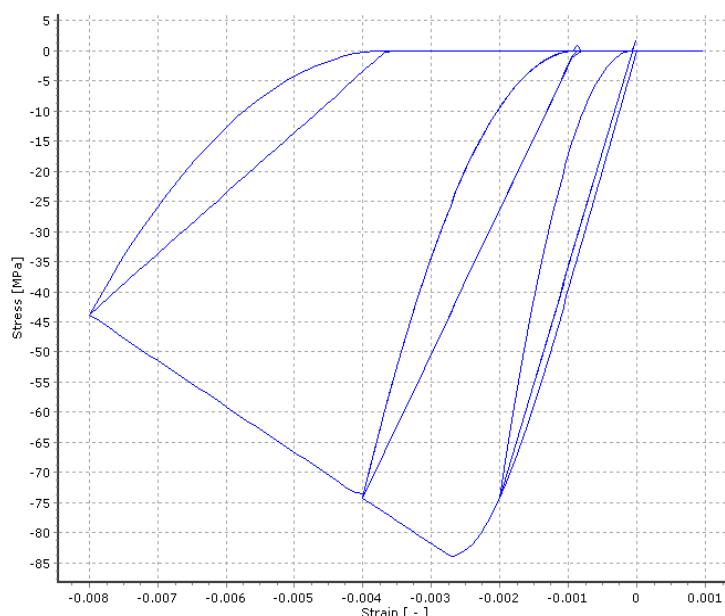
Per descrivere le caratteristiche meccaniche del materiale, rispettivamente, esistente o nuovo, gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza del calcestruzzo e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico.



## Modello di Kappos e Konstantinidis per calcestruzzo ad elevata resistenza - con\_hs

**NOTA:** La necessità di un modello specifico per il calcestruzzo ad elevata resistenza nasce dal fatto che questo tipo di calcestruzzo mostra una curva sforzo-deformazione che differisce in modo significativo rispetto a quello a resistenza normale, in particolare per quanto riguarda il comportamento post-picco che tende ad essere considerevolmente meno duttile.

Si tratta di un modello uniassiale nonlineare a confinamento costante per calcestruzzo ad elevata resistenza, sviluppato e inizialmente programmato da Kappos and Konstantinidis [1999]. Segue la legge costitutiva proposta da Nagashima et al. [1992] ed è stato statisticamente calibrato per adattarsi ad un range molto ampio di dati sperimentali. Gli effetti del confinamento fornito dall'armatura trasversale sono incorporati attraverso il fattore modificato di Sheikh and Uzumeri [1982] (cioè il coefficiente di confinamento efficace), assumendo che sia applicata una pressione costante attraverso l'intero range di sforzi-deformazioni.

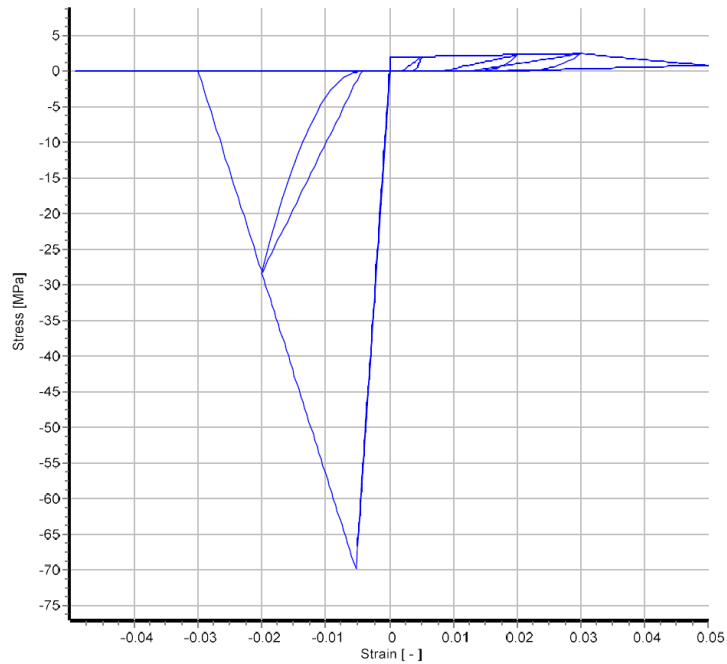


### Modello di Kappos e Konstantinidis per calcestruzzo ad elevata resistenza

Per descrivere le caratteristiche meccaniche del materiale, rispettivamente, esistente o nuovo, gli utenti devono assegnare il valore medio della resistenza del calcestruzzo e il valore medio meno la deviazione standard oppure il valore caratteristico.

### Modello per Calcestruzzi ECC– con\_ecc

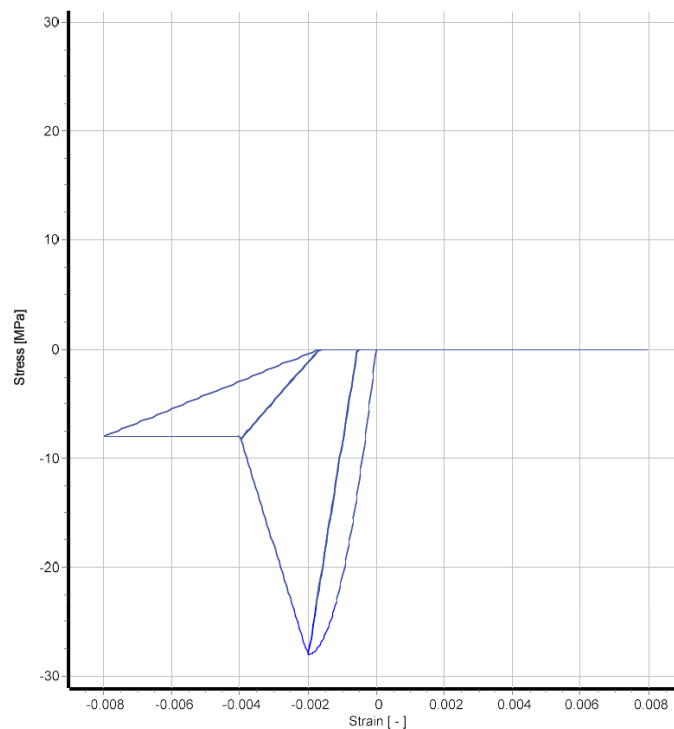
Con\_ecc è un modello uniassiale per un generico materiale che descrive il comportamento di un composto duttile a base cementizia fibro-rinforzato come descritto da Han et al. [2003]. Il modello necessita 13 variabili per la sua definizione.



**Modello per composto duttile a base cementizia fibro-rinforzato**

### Modello per calcestruzzo di Kent-Scott-Park– *con\_ksp*

Il *con\_ksp* è un modello uniassiale semplificato per calcestruzzo nel quale la relazione sforzo-deformazione è stata descritta da Kent e Park [1971] e il comportamento ciclico è stato proposto da Karsan e Jirsa [1969]. Il modello è caratterizzato da resistenza a trazione nulla. Sono necessarie cinque variabili per la definizione del modello.




**Kent – Scott – Park concrete mode**

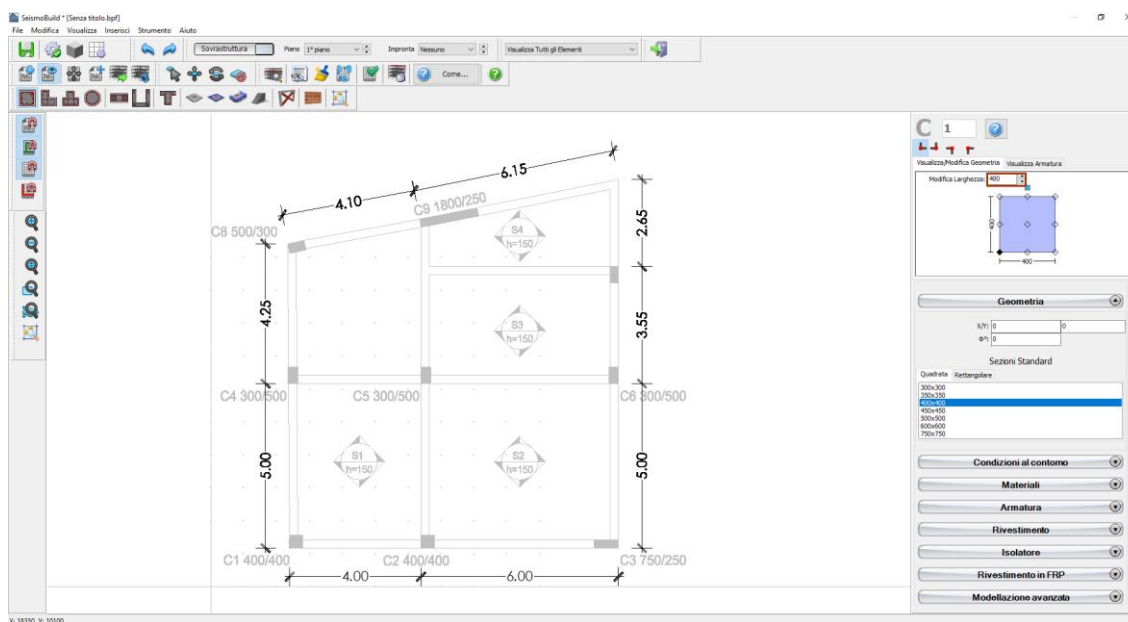
# Appendice D – Inserimento degli Elementi Strutturali

In questa appendice sono descritte nel dettaglio le diverse sezioni (in c.a. e incamiciate in c.a.) disponibili all'interno di SeismoBuild.

## SEZIONI IN C.A.

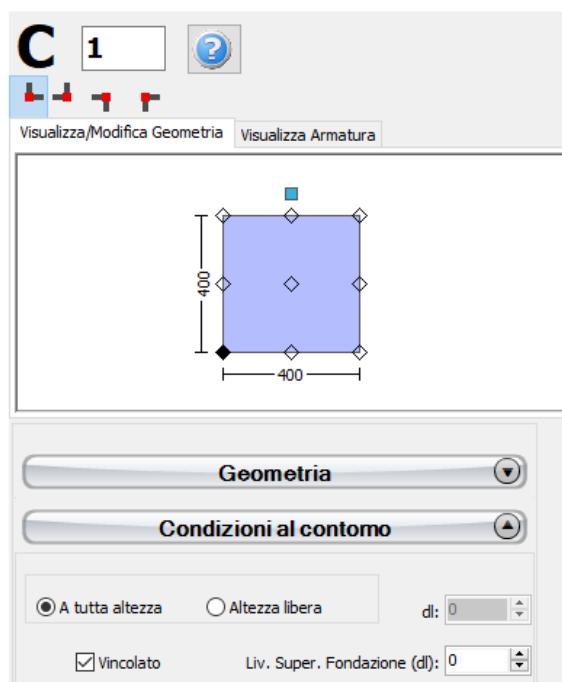
### Pilastro rettangolare semplice e incamiciato

I pilastri rettangolari possono essere inseriti dal menu principale (*Inserisci > Inserisci Pilastro rettangolare*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Nella Finestra delle Proprietà, che appare sulla destra dello schermo, gli utenti possono adattare le dimensioni della sezione all'interno della scheda *Visualizza/Modifica Geometria* oppure selezionando una sezione dalla lista delle sezioni standard predefinite (quadrato o rettangolari).




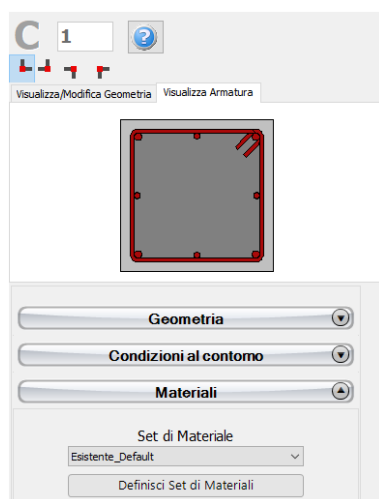
### Modifica dimensioni delle sezioni

È possibile specificare un'altezza del pilastro diversa da quella definita per il piano; per fare ciò è necessario selezionare la casella *Lunghezza libera* e assegnare una lunghezza differente. Se, al contrario, viene selezionata la casella *Intera lunghezza*, allora l'elemento avrà la stessa altezza del piano a cui si trova. In aggiunta, può essere adattato anche il livello della fondazione del pilastro; in questo modo all'utente viene data la possibilità di definire diversi livelli di fondazione.



#### Condizioni al contorno

Le proprietà dei set di materiali possono essere definite dal menu principale (*Strumenti > Definisci Set Materiali*), tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , oppure tramite il pulsante *Definisci Set Materiali* all'interno della Finestra delle Proprietà dell'elemento. I valori richiesti per la definizione delle proprietà dei materiali dipendono dal tipo di elemento, ossia se si tratta di elementi nuovi o esistenti. Per default, vengono proposti due schemi di materiali, uno per gli elementi esistenti e l'altro per quelli nuovi.



#### Materiali

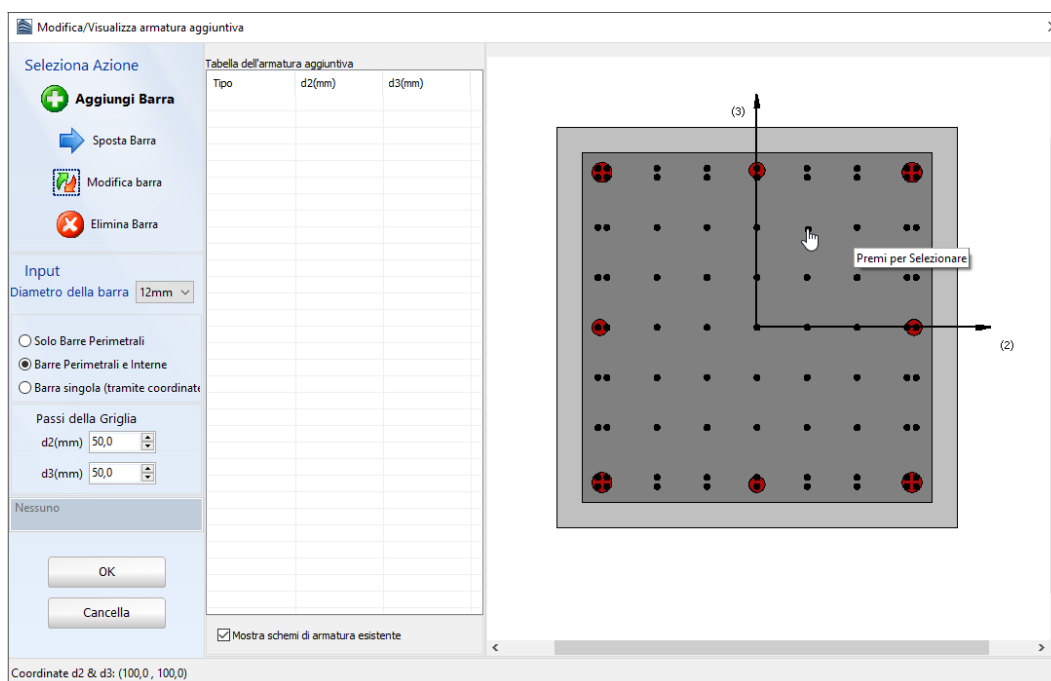
I carichi aggiuntivi possono essere definiti cliccando sul pulsante Carichi Distribuiti e ai Confini. Gli utenti possono definire forze distribuite uniformemente lungo la lunghezza del membro in tutte e tre le direzioni traslazionali (X, Y o Z), e forze o momenti in qualsiasi direzione traslazionale o rotazionale (X, Y, Z, RX, RY o RZ) su uno dei due bordi del membro (inferiore o superiore). Possono essere applicati carichi permanenti aggiuntivi  $G'$  (non associati al peso proprio della struttura), carichi variabili  $Q$  e carichi di neve  $S$ , quest'ultimi applicabili solo a ASCE 41 e TBDY. Per impostazione predefinita, tutti i carichi sono uguali a zero.

**Finestra Carichi Distribuiti e ai Confini**

Inoltre, è possibile definire le armature longitudinali e trasversali modificando gli schemi d'armatura rilevanti.

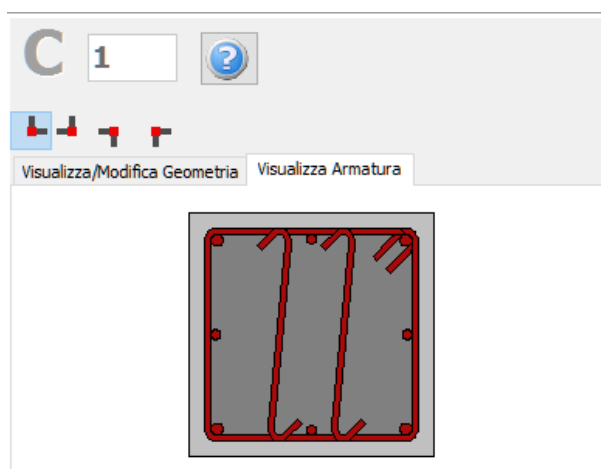
**Schema d'armatura**

È inoltre possibile inserire singole barre d'armatura tramite il corrispondente pulsante *Barre Aggiuntive*; nella finestra successiva Modifica/Visualizza armatura aggiuntiva è possibile introdurre le barre graficamente, come mostrato nella seguente figura:



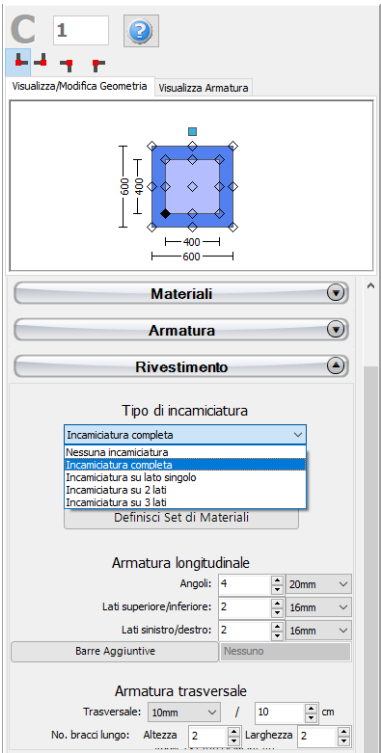
### Finestra Modifica/Visualizza armature aggiuntiva

Nella Finestra delle Proprietà gli utenti possono scegliere tra l'opzione *Visualizza Armatura*, in cui viene mostrata l'armatura della sezione (longitudinale e trasversale), e l'opzione *Visualizza/Modifica Geometria*, in cui possono essere visualizzate e modificate le dimensioni della sezione.



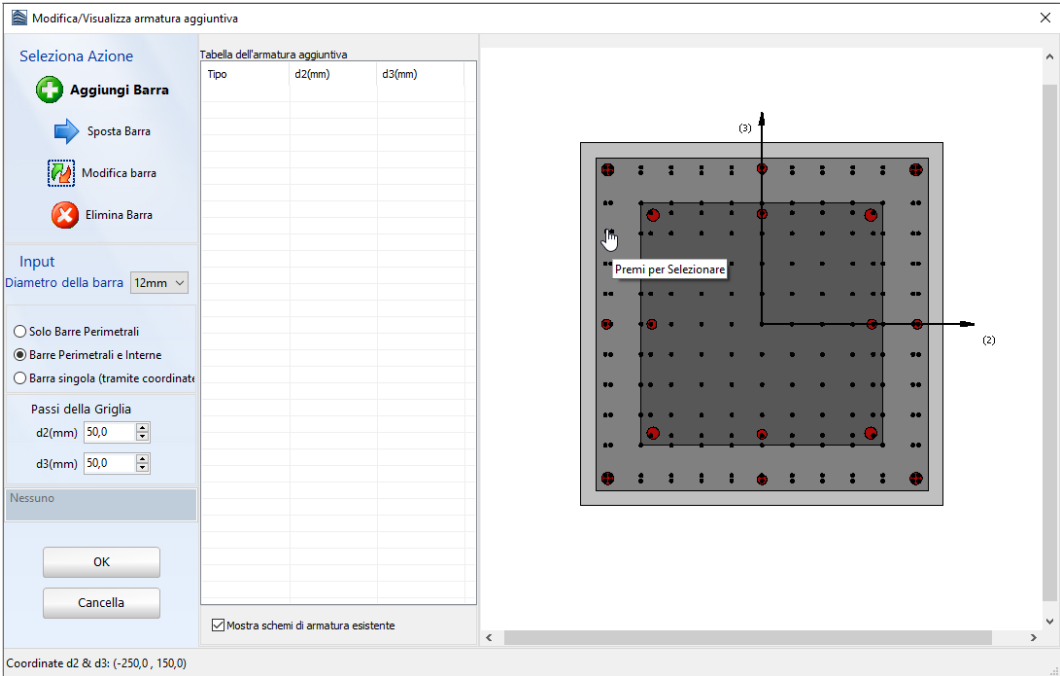
## Visualizza Armatura

Le camicie possono essere applicate alla sezione nell'area *Incamiciatura* selezionando il tipo di rivestimento, cioè se incamiciatura completa, su 1 lato, su 2 lati o su 3 lati, e assegnando il set di materiali e il rinforzo longitudinale e trasversale della camicia.



**Incamiciatura**

L'aggiunta di singole barre longitudinali di armatura alla camicia può essere effettuata anche tramite il corrispondente modulo *Armature Aggiuntive*, dove è possibile introdurre graficamente un'ulteriore armatura sia nella parte esistente che in quella nuova della sezione, come mostrato nella figura seguente:



**Finestra Modifica/Visualizza armature aggiuntiva**

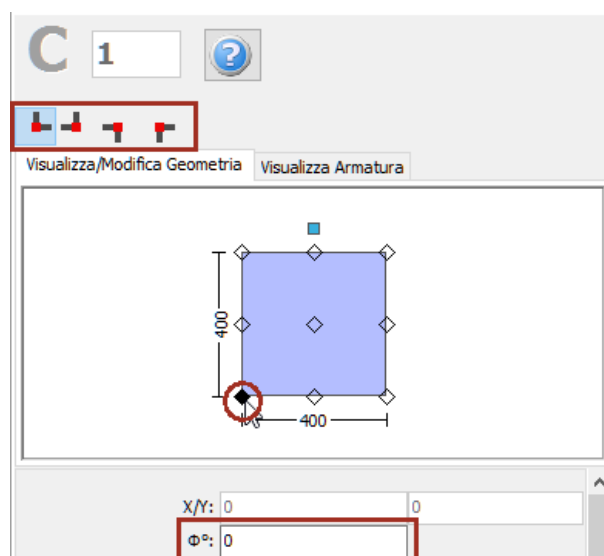
Gli isolatori possono essere aggiunti in diversi punti del pilastro. Vengono assegnati tramite il modulo *Isolatore*, dove gli utenti possono selezionare la geometria (posizione – in basso, in alto o in un punto intermedio- e l'altezza dell'isolatore), la tipologia (isolatore elastomerico, elastomerico con nucleo in piombo o isolatore a pendolo scorrevole, FPS) e i parametri dell'isolatore: la rigidezza verticale e orizzontale, la resistenza allo snervamento al taglio e il rapporto di incrudimento (per gli isolatori elastomerici e elastomerici con nucleo in piombo, che sono modellati come tipo di elemento isolator1) o il coefficiente di attrito e il raggio del pendolo (per gli isolatori a superficie curva, noti anche come Friction Pendulum System (FPS), che sono modellati come elementi di tipo isolator2).

Inoltre, agli elementi pilastro possono essere anche assegnate fasciature in FRP attraverso il modulo *Rivestimento in FRP*, in cui gli utenti possono selezionare il rivestimento da un elenco dei prodotti più disponibili sul mercato, oppure possono introdurre valori personalizzati.

Nell'area *Modellazione avanzata*, possono anche essere definite le impostazioni da normativa degli elementi strutturali attraverso la finestra di dialogo delle *Proprietà Avanzate* dell'Elemento, a cui si accede tramite il corrispondente pulsante. I parametri di modellazione degli elementi possono essere definiti dalla finestra di dialogo *Parametri di Modellazione*, accessibile tramite il corrispondente pulsante.


**NOTA:** Nel modulo *Proprietà Avanzate* dell'elemento gli utenti devono prendere decisioni sulle proprietà dell'incamiciatura della sezione, selezionando i parametri tali da considerare l'intera sezione, sia esistente che nuova.

Dopo aver definito tutte le proprietà della sezione, è possibile aggiungere il nuovo elemento con un semplice clic nella finestra principale del Modellatore Edifici. La posizione della sezione che corrisponde al punto di inserimento (cioè il clic del mouse) e la rotazione della sezione nella vista in pianta possono essere selezionate dalla finestra *Proprietà aste*.

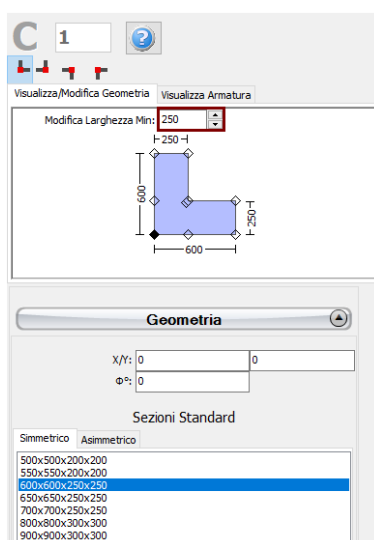


Selezione del punto di inserimento e dell'angolo di rotazione nella vista in pianta

### Pilastro ad L semplice e incamiciato

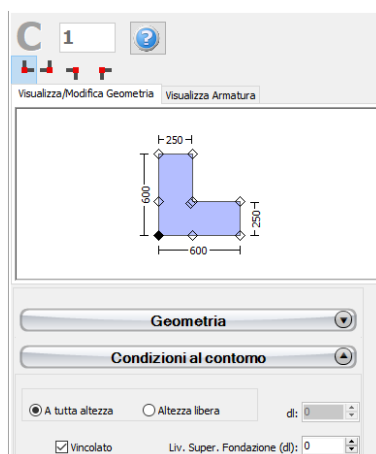
I pilastri ad L possono essere inseriti dal menu principale (*Inserisci > Inserisci Pilastro ad L*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Nella Finestra delle Proprietà, che appare sulla destra dello schermo, gli utenti possono adattare le dimensioni della sezione all'interno della scheda *Visualizza/Modifica Geometria* oppure selezionando una sezione dalla lista delle sezioni standard predefinite (simmetriche o asimmetriche).






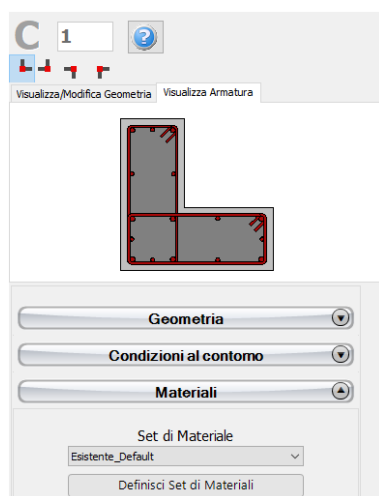
### Modifica dimensioni della sezione

È possibile specificare un'altezza del pilastro diversa da quella definita per il piano; per fare ciò è necessario selezionare la casella *Lunghezza libera* e assegnare una lunghezza differente. Se, al contrario, viene selezionata la casella *Intera lunghezza*, allora l'elemento avrà la stessa altezza del piano a cui si trova. In aggiunta, può essere adattato anche il livello della fondazione del pilastro; in questo modo all'utente viene data la possibilità di definire diversi livelli di fondazione.



### Condizioni al contorno

Le proprietà dei set di materiali possono essere definite dal menu principale (*Strumenti > Definisci Set Materiali*), tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , oppure tramite il pulsante *Definisci Set Materiali* all'interno della Finestra delle Proprietà dell'elemento. I valori richiesti per la definizione delle proprietà dei materiali dipendono dal tipo di elemento, ossia se si tratta di elementi nuovi o esistenti. Per default, vengono proposti due schemi di materiali, uno per gli elementi esistenti e l'altro per quelli nuovi.



### Materiali

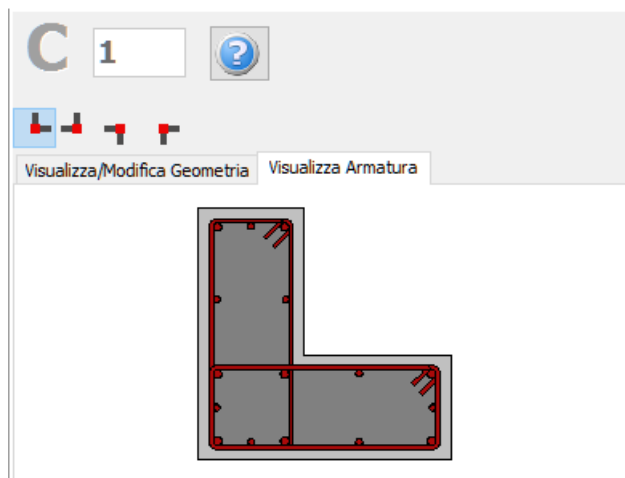
I carichi aggiuntivi possono essere definiti cliccando sul pulsante Carichi Distribuiti e ai Confini. Gli utenti possono definire forze distribuite uniformemente lungo la lunghezza del membro in tutte e tre le direzioni traslazionali (X, Y o Z), e forze o momenti in qualsiasi direzione traslazionale o rotazionale (X, Y, Z, RX, RY o RZ) su uno dei due bordi del membro (inferiore o superiore). Possono essere applicati carichi permanenti aggiuntivi  $G'$  (non associati al peso proprio della struttura), carichi variabili  $Q$  e carichi di neve  $S$ , quest'ultimi applicabili solo a ASCE 41 e TBDY. Per impostazione predefinita, tutti i carichi sono uguali a zero.

### Finestra Carichi Distribuiti e ai Confini

Inoltre, è possibile definire le armature longitudinali e trasversali modificando gli schemi d'armatura rilevanti.



Nella Finestra delle Proprietà gli utenti possono scegliere tra l'opzione *Visualizza Armatura*, in cui viene mostrata l'armatura della sezione (longitudinale e trasversale), e l'opzione *Visualizza/Modifica Geometria*, in cui possono essere visualizzate e modificate le dimensioni della sezione.



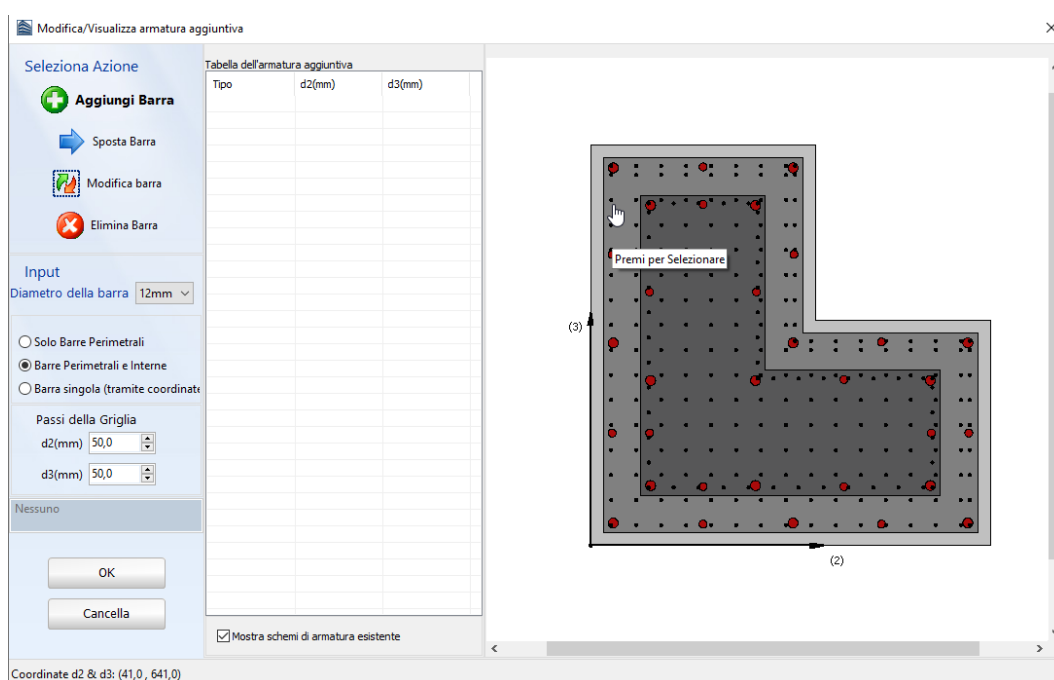
**Visualizza Armatura**

Le camicie possono essere applicate alla sezione nell'area *Incamiciatura* selezionando il tipo di rivestimento, cioè se incamicatura completa o su 3 lati, e assegnando il set di materiali e il rinforzo longitudinale e trasversale della camicia.



**Incamiciatura**

L'aggiunta di singole barre longitudinali di armatura alla camicia può essere effettuata anche tramite il corrispondente modulo *Armature Aggiuntive*, dove è possibile introdurre graficamente un'ulteriore armatura sia nella parte esistente che in quella nuova della sezione, come mostrato nella figura seguente:



**Finestra Modifica/Visualizza armature aggiuntiva**

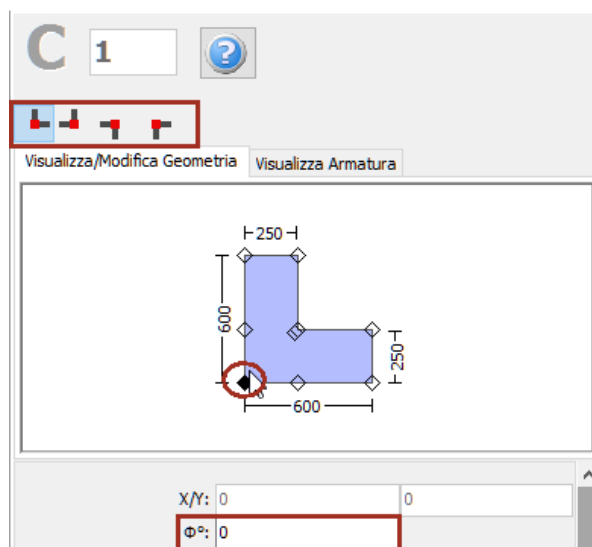
Gli isolatori possono essere aggiunti in diversi punti del pilastro. Vengono assegnati tramite il modulo *Isolatore*, dove gli utenti possono selezionare la geometria (posizione – in basso, in alto o in un punto intermedio- e l'altezza dell'isolatore), la tipologia (isolatore elastomerico, elastomerico con nucleo in piombo o isolatore a pendolo scorrevole, FPS) e i parametri dell'isolatore: la rigidità verticale e orizzontale, la resistenza allo snervamento al taglio e il rapporto di incrudimento (per gli isolatori elastomerici e elastomerici con nucleo in piombo, che sono modellati come tipo di elemento isolator1) o il coefficiente di attrito e il raggio del pendolo (per gli isolatori a superficie curva, noti anche come Friction Pendulum System (FPS), che sono modellati come elementi di tipo isolator2).

Inoltre, agli elementi pilastro possono essere anche assegnate fasciature in FRP attraverso il modulo *Rivestimento in FRP*, in cui gli utenti possono selezionare il rivestimento da un elenco dei prodotti più disponibili sul mercato, oppure possono introdurre valori personalizzati.

Nell'area *Modellazione avanzata*, possono anche essere definite le impostazioni da normativa degli elementi strutturali attraverso la finestra di dialogo delle Proprietà Avanzate dell'Elemento, a cui si accede tramite il corrispondente pulsante. I parametri di modellazione degli elementi possono essere definiti dalla finestra di dialogo *Parametri di Modellazione*, accessibile tramite il corrispondente pulsante


**NOTA:** Nel modulo *Proprietà Avanzate dell'elemento* gli utenti devono prendere decisioni sulle proprietà dell'incamiciatura della sezione, selezionando i parametri tali da considerare l'intera sezione, sia esistente che nuova.

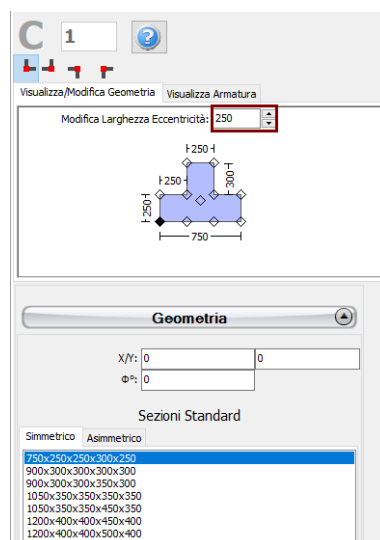
Dopo aver definito tutte le proprietà della sezione, è possibile aggiungere il nuovo elemento con un semplice clic nella finestra principale del Modellatore Edifici. La posizione della sezione che corrisponde al punto di inserimento (cioè il clic del mouse) e la rotazione della sezione nella vista in pianta possono essere selezionate dalla finestra *Proprietà aste*.



**Selezione del punto di inserimento e dell'angolo di rotazione nella vista in pianta**

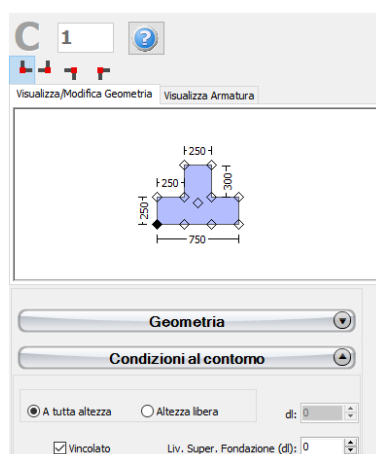
### Pilastro a T semplice e incamiciato

I pilastri a T possono essere inseriti dal menu principale (*Inserisci > Inserisci Pilastro a T*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Nella Finestra delle Proprietà, che appare sulla destra dello schermo, gli utenti possono adattare le dimensioni della sezione all'interno della scheda *Visualizza/Modifica Geometria* oppure selezionando una sezione dalla lista delle sezioni standard predefinite (simmetriche o asimmetriche).




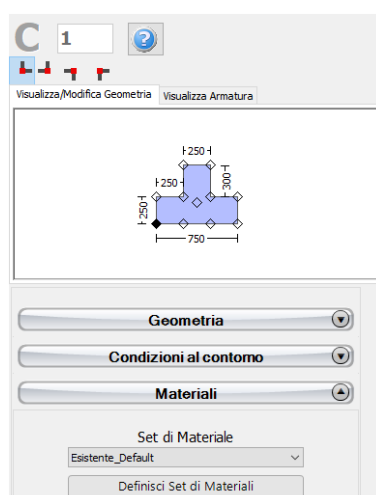
**Modifica dimensioni della sezione**

È possibile specificare un'altezza del pilastro diversa da quella definita per il piano; per fare ciò è necessario selezionare la casella *Lunghezza libera* e assegnare una lunghezza differente. Se, al contrario, viene selezionata la casella *Intera lunghezza*, allora l'elemento avrà la stessa altezza del piano a cui si trova. In aggiunta, può essere adattato anche il livello della fondazione del pilastro; in questo modo all'utente viene data la possibilità di definire diversi livelli di fondazione.



### Condizioni al contorno

Le proprietà dei set di materiali possono essere definite dal menu principale (*Strumenti > Definisci Set Materiali*), tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , oppure tramite il pulsante *Definisci Set Materiali* all'interno della Finestra delle Proprietà dell'elemento. I valori richiesti per la definizione delle proprietà dei materiali dipendono dal tipo di elemento, ossia se si tratta di elementi nuovi o esistenti. Per default, vengono proposti due schemi di materiali, uno per gli elementi esistenti e l'altro per quelli nuovi.



### Materiali

I carichi aggiuntivi possono essere definiti cliccando sul pulsante Carichi Distribuiti e ai Confini. Gli utenti possono definire forze distribuite uniformemente lungo la lunghezza del membro in tutte e tre le direzioni traslazionali (X, Y o Z), e forze o momenti in qualsiasi direzione traslazionale o rotazionale (X, Y, Z, RX, RY o RZ) su uno dei due bordi del membro (inferiore o superiore). Possono essere applicati carichi permanenti aggiuntivi  $G'$  (non associati al peso proprio della struttura), carichi variabili  $Q$  e carichi di neve  $S$ , quest'ultimi applicabili solo a ASCE 41 e TBDY. Per impostazione predefinita, tutti i carichi sono uguali a zero.

**Distributed Loads**

Permanent Loads  $G^*$  (KN/m)

X	0,000
Y	0,000
Z	-5,000

Live Loads  $Q$  (KN/m)

X	0,000
Y	0,000
Z	0,000

Snow Loads  $S$  (KN/m)  
[ASCE 41 and TBDY only]

X	0,000
Y	0,000
Z	0,000

Edge 1 Loads

Edge 2 Loads

Ok

Cancel

**Finestra Carichi Distribuiti e ai Confini**

Inoltre, è possibile definire le armature longitudinali e trasversali modificando gli schemi d'armatura rilevanti.

**C 1**

Visualizza/Modifica Geometria Visualizza Armatura

**Condizioni al contorno**

**Materiali**

**Armatura**

$P_{tot} = 1,96\%$  ( $P_{min} = 0,20\%$ ,  $P_{max} = 8,00\%$ )

**Armatura longitudinale**

Angoli: 10 / 20mm

Lati superiore/inferiore della flangia 1: 2 / 16mm

Lati superiore/inferiore della flangia 2: 2 / 16mm

Lati sinistro/destro della flangia: 2 / 16mm

Lati superiore/inferiore dell'anima: 2 / 16mm

Lati sinistro/destro dell'anima: 2 / 16mm

Barre Aggiuntive: Nessuno

**Armatura trasversale**

Staffe: 10mm / 10 cm

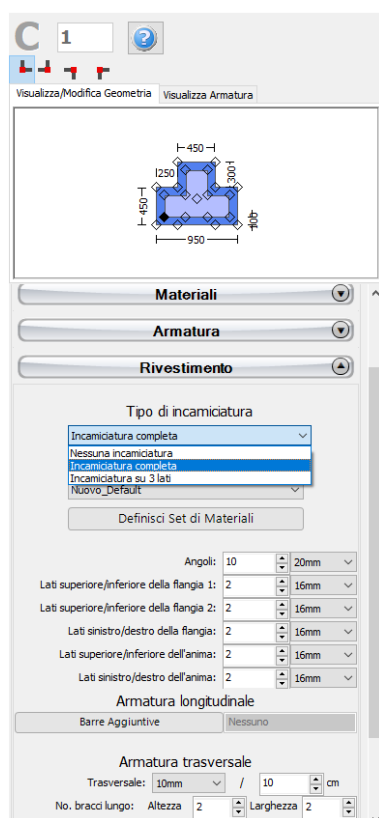
No. bracci lungo: Altezza 2 / Larghezza 2

**Schema d'armatura**

È inoltre possibile inserire singole barre d'armatura tramite il corrispondente pulsante *Barre Aggiuntive*; nella finestra successiva Modifica/Visualizza armatura aggiuntiva è possibile introdurre le barre graficamente, come mostrato nella seguente figura:

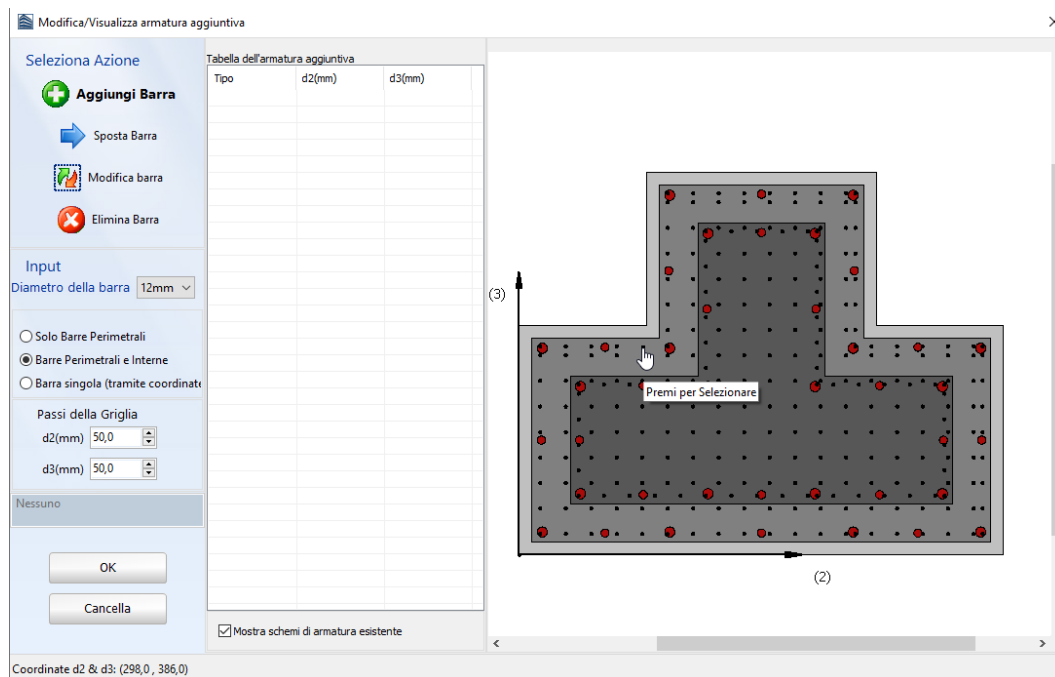






### Incamiciatura

L'aggiunta di singole barre longitudinali di armatura alla camicia può essere effettuata anche tramite il corrispondente modulo Armature Aggiuntive, dove è possibile introdurre graficamente un'ulteriore armatura sia nella parte esistente che in quella nuova della sezione, come mostrato nella figura seguente:



### Finestra Modifica/Visualizza armature aggiuntiva

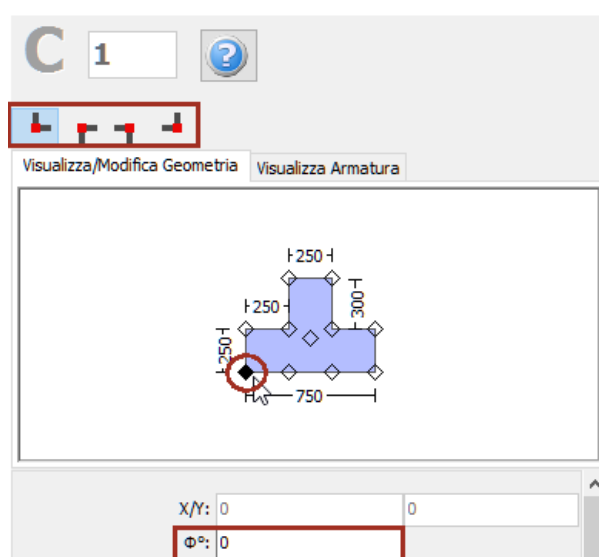
Gli isolatori possono essere aggiunti in diversi punti del pilastro. Vengono assegnati tramite il modulo *Isolatore*, dove gli utenti possono selezionare la geometria (posizione – in basso, in alto o in un punto intermedio- e l'altezza dell'isolatore), la tipologia (isolatore elastomerico, elastomerico con nucleo in piombo o isolatore a pendolo scorrevole, FPS) e i parametri dell'isolatore: la rigidezza verticale e orizzontale, la resistenza allo snervamento al taglio e il rapporto di incrudimento (per gli isolatori elastomerici e elastomerici con nucleo in piombo, che sono modellati come tipo di elemento *isolator1*) o il coefficiente di attrito e il raggio del pendolo (per gli isolatori a superficie curva, noti anche come Friction Pendulum System (FPS), che sono modellati come elementi di tipo *isolator2*).

Inoltre, agli elementi pilastro possono essere anche assegnate fasciature in FRP attraverso il modulo *Rivestimento in FRP*, in cui gli utenti possono selezionare il rivestimento da un elenco dei prodotti più disponibili sul mercato, oppure possono introdurre valori personalizzati.

Nell'area *Modellazione avanzata*, possono anche essere definite le impostazioni da normativa degli elementi strutturali attraverso la finestra di dialogo delle Proprietà Avanzate dell'Elemento, a cui si accede tramite il corrispondente pulsante. I parametri di modellazione degli elementi possono essere definiti dalla finestra di dialogo *Parametri di Modellazione*, accessibile tramite il corrispondente pulsante


**NOTA:** Nel modulo *Proprietà Avanzate dell'elemento* gli utenti devono prendere decisioni sulle proprietà dell'incamiciatura della sezione, selezionando i parametri tali da considerare l'intera sezione, sia esistente che nuova.

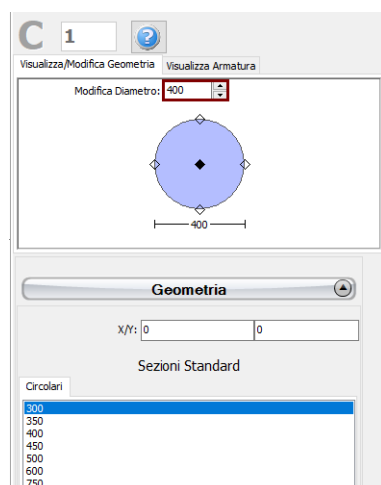
Dopo aver definito tutte le proprietà della sezione, è possibile aggiungere il nuovo elemento con un semplice clic nella finestra principale del Modellatore Edifici. La posizione della sezione che corrisponde al punto di inserimento (cioè il clic del mouse) e la rotazione della sezione nella vista in pianta possono essere selezionate dalla finestra *Proprietà aste*.



Selezione del punto di inserimento e dell'angolo di rotazione nella vista in pianta

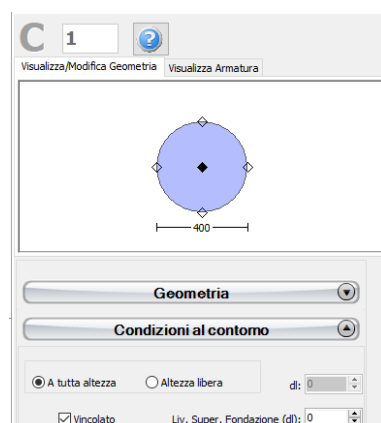
### Pilastro circolare semplice e incamiciato

I pilastri circolari possono essere inseriti dal menu principale (*Inserisci > Inserisci Pilastro circolare*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Nella Finestra delle Proprietà, che appare sulla destra dello schermo, gli utenti possono adattare le dimensioni della sezione all'interno della scheda *Visualizza/Modifica Geometria* oppure selezionando una sezione dalla lista delle sezioni standard predefinite.




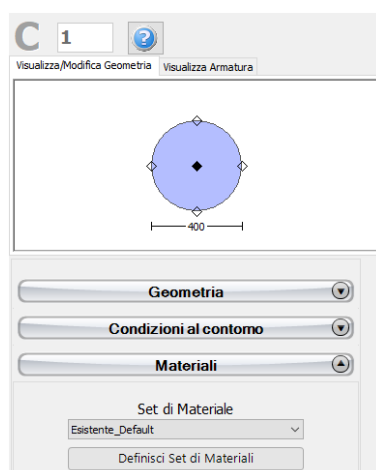
### Modifica dimensioni della sezione

È possibile specificare un'altezza del pilastro diversa da quella definita per il piano; per fare ciò è necessario selezionare la casella *Lunghezza libera* e assegnare una lunghezza differente. Se, al contrario, viene selezionata la casella *Intera lunghezza*, allora l'elemento avrà la stessa altezza del piano a cui si trova. In aggiunta, può essere adattato anche il livello della fondazione del pilastro; in questo modo all'utente viene data la possibilità di definire diversi livelli di fondazione.



### Condizioni al contorno

Le proprietà dei set di materiali possono essere definite dal menu principale (*Strumenti > Definisci Set Materiali*), tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , oppure tramite il pulsante *Definisci Set Materiali* all'interno della Finestra delle Proprietà dell'elemento. I valori richiesti per la definizione delle proprietà dei materiali dipendono dal tipo di elemento, ossia se si tratta di elementi nuovi o esistenti. Per default, vengono proposti due schemi di materiali, uno per gli elementi esistenti e l'altro per quelli nuovi.

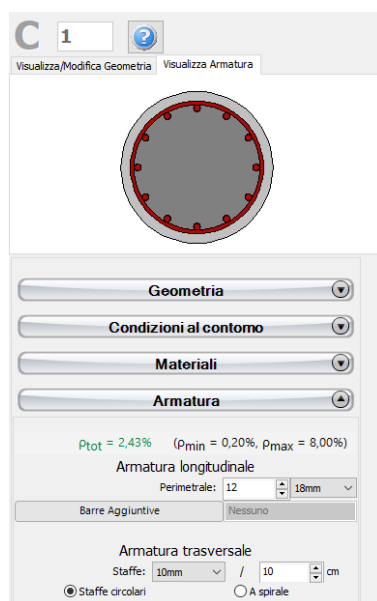


### Materiali

I carichi aggiuntivi possono essere definiti cliccando sul pulsante Carichi Distribuiti e ai Confini. Gli utenti possono definire forze distribuite uniformemente lungo la lunghezza del membro in tutte e tre le direzioni traslazionali (X, Y o Z), e forze o momenti in qualsiasi direzione traslazionale o rotazionale (X, Y, Z, RX, RY o RZ) su uno dei due bordi del membro (inferiore o superiore). Possono essere applicati carichi permanenti aggiuntivi  $G'$  (non associati al peso proprio della struttura), carichi variabili  $Q$  e carichi di neve  $S$ , quest'ultimi applicabili solo a ASCE 41 e TBDY. Per impostazione predefinita, tutti i carichi sono uguali a zero.

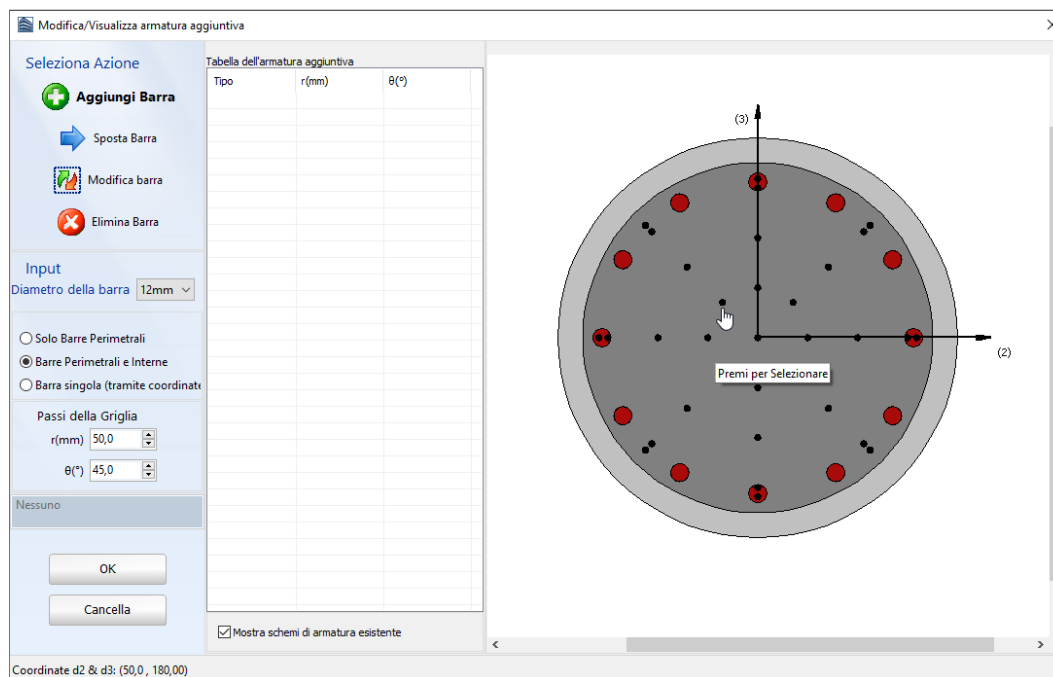
### Finestra Carichi Distribuiti e ai Confini

Inoltre, è possibile definire le armature longitudinali e trasversali modificando gli schemi d'armatura rilevanti.



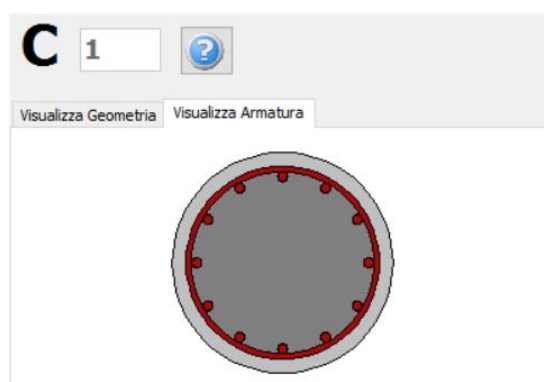
**Schema d'armatura**

È inoltre possibile inserire singole barre d'armatura tramite il corrispondente pulsante *Barre Aggiuntive*; nella finestra successiva Modifica/Visualizza armatura aggiuntiva è possibile introdurre le barre graficamente, come mostrato nella seguente figura:



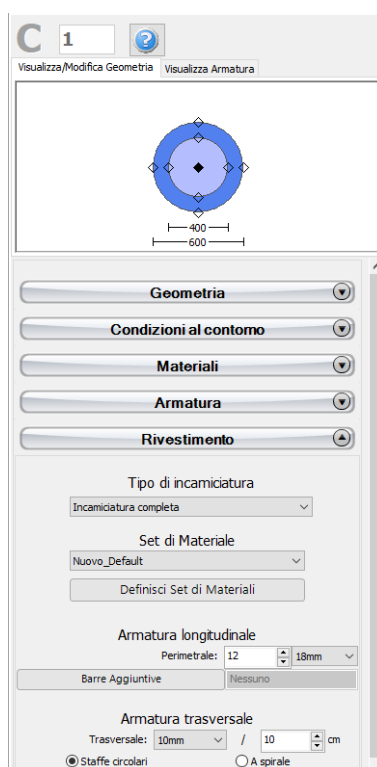
**Finestra Modifica/Visualizza armature aggiuntiva**

Nella Finestra delle Proprietà gli utenti possono scegliere tra l'opzione *Visualizza Armatura*, in cui viene mostrata l'armatura della sezione (longitudinale e trasversale), e l'opzione *Visualizza/Modifica Geometria*, in cui possono essere visualizzate e modificate le dimensioni della sezione.



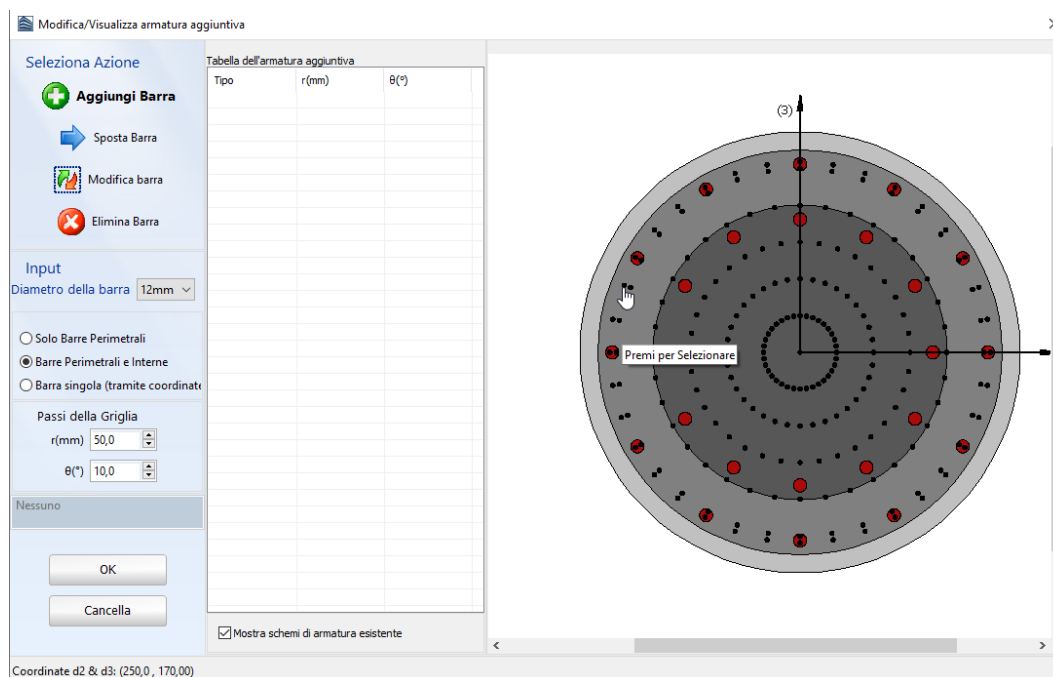
**Visualizza Armatura**

Le camicie possono essere applicate alla sezione nell'area *Incamiciatura* selezionando il tipo di rivestimento completo e assegnando il set di materiali e il rinforzo longitudinale e trasversale del rivestimento.



**Incamiciatura**

L'aggiunta di singole barre longitudinali di armatura alla camicia può essere effettuata anche tramite il corrispondente modulo *Armature Aggiuntive*, dove è possibile introdurre graficamente un'ulteriore armatura sia nella parte esistente che in quella nuova della sezione, come mostrato nella figura seguente:



**Finestra Modifica/Visualizza armature aggiuntiva**

Gli isolatori possono essere aggiunti in diversi punti del pilastro. Vengono assegnati tramite il modulo *Isolatore*, dove gli utenti possono selezionare la geometria (posizione – in basso, in alto o in un punto intermedio- e l'altezza dell'isolatore), la tipologia (isolatore elastomerico, elastomerico con nucleo in piombo o isolatore a pendolo scorrevole, FPS) e i parametri dell'isolatore: la rigidità verticale e orizzontale, la resistenza allo snervamento al taglio e il rapporto di incrudimento (per gli isolatori elastomerici e elastomerici con nucleo in piombo, che sono modellati come tipo di elemento isolator1) o il coefficiente di attrito e il raggio del pendolo (per gli isolatori a superficie curva, noti anche come Friction Pendulum System (FPS), che sono modellati come elementi di tipo isolator2).

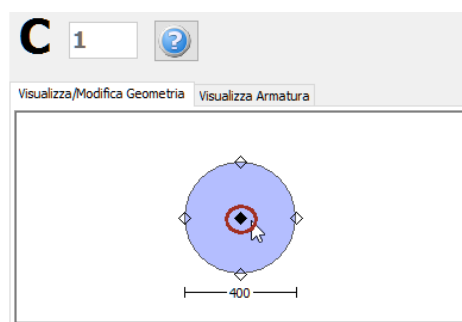
Inoltre, agli elementi pilastro possono essere anche assegnate fasciature in FRP attraverso il modulo *Rivestimento in FRP*, in cui gli utenti possono selezionare il rivestimento da un elenco dei prodotti più disponibili sul mercato, oppure possono introdurre valori personalizzati.

Nell'area *Modellazione avanzata*, le impostazioni da normativa degli elementi strutturali possono anche essere definite attraverso la finestra di dialogo delle Proprietà Avanzate dell'Elemento, a cui si accede tramite il corrispondente pulsante. I parametri di modellazione degli elementi possono essere definiti dalla finestra di dialogo *Parametri di Modellazione*, accessibile tramite il corrispondente pulsante.

**NOTA:** Nel modulo *Proprietà Avanzate dell'elemento* gli utenti devono prendere decisioni sulle proprietà dell'incamiciatura della sezione, selezionando i parametri tali da considerare l'intera sezione, sia esistente che nuova.


Dopo aver definito tutte le proprietà della sezione, è possibile aggiungere il nuovo elemento con un semplice clic nella finestra principale del Modellatore Edifici. La posizione della sezione che corrisponde al punto di inserimento (cioè il clic del mouse) e la rotazione della sezione nella vista in pianta possono essere selezionate dalla finestra *Proprietà aste*.

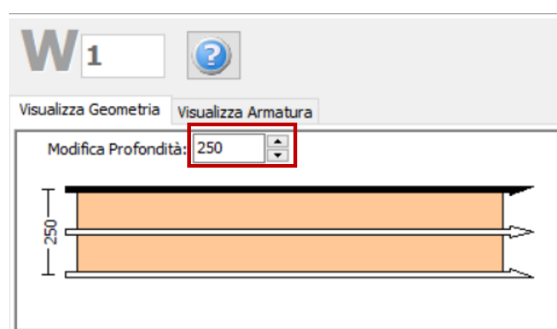




**Selezione del punto di inserimento e dell'angolo di rotazione nella vista in pianta**

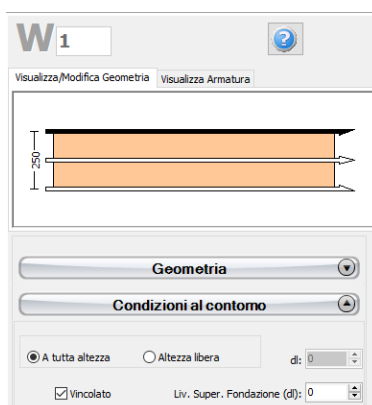
## Parete

Le pareti possono essere inserite dal menu principale (*Inserisci > Inserisci Parete*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Nella Finestra delle Proprietà, che appare sulla destra dello schermo, gli utenti possono adattare la dimensione in larghezza della sezione all'interno della scheda *Visualizza/Modifica Geometria*, mentre la lunghezza della parete viene definita in maniera grafica, specificando due punti, quello iniziale e quello finale. In prima battuta, la larghezza delle pseudo-colonne viene stimata pari ad un quinto (1/5) della lunghezza totale della parete, con un valore massimo pari a 600 mm, ma una volta inserito l'elemento, può essere modificata dalla Finestra delle Proprietà.




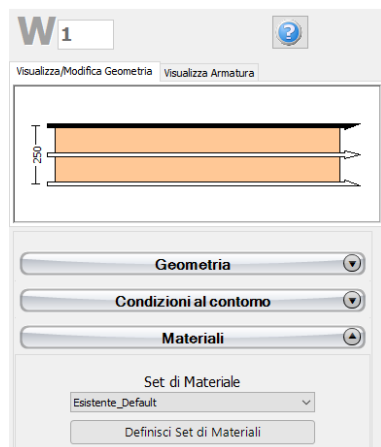
**Modifica dimensioni della sezione**

È possibile specificare un'altezza della parete diversa da quella definita per il piano; per fare ciò è necessario selezionare la casella *Lunghezza libera* e assegnare una lunghezza differente. Se, al contrario, viene selezionata la casella *Intera lunghezza*, allora l'elemento avrà la stessa altezza del piano a cui si trova. In aggiunta, può essere adattato anche il livello della fondazione della parete; in questo modo all'utente viene data la possibilità di definire diversi livelli di fondazione.



**Condizioni al contorno**

Le proprietà dei set di materiali possono essere definite dal menu principale (*Strumenti > Definisci Set Materiali*), tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , oppure tramite il pulsante *Definisci Set Materiali* all'interno della Finestra delle Proprietà dell'elemento. I valori richiesti per la definizione delle proprietà dei materiali dipendono dal tipo di elemento, ossia se si tratta di elementi nuovi o esistenti. Per default, vengono proposti due schemi di materiali, uno per gli elementi esistenti e l'altro per quelli nuovi.



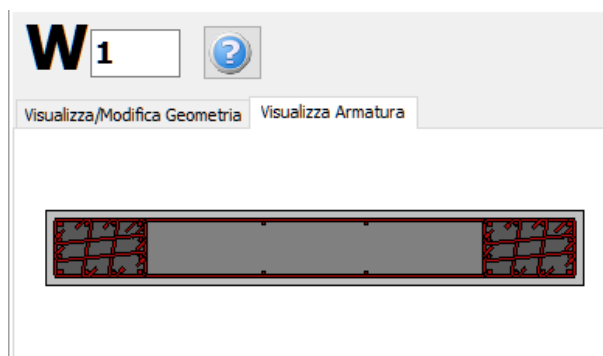
**Materiali**

I carichi aggiuntivi possono essere definiti cliccando sul pulsante *Carichi Distribuiti e ai Confini*. Gli utenti possono definire forze distribuite uniformemente lungo la lunghezza del membro in tutte e tre le direzioni traslazionali (X, Y o Z), e forze o momenti in qualsiasi direzione traslazionale o rotazionale (X, Y, Z, RX, RY o RZ) su uno dei due bordi del membro (inferiore o superiore). Possono essere applicati carichi permanenti aggiuntivi  $G'$  (non associati al peso proprio della struttura), carichi variabili  $Q$  e carichi di neve  $S$ , quest'ultimi applicabili solo a ASCE 41 e TBDY. Per impostazione predefinita, tutti i carichi sono uguali a zero.

**Finestra Carichi Distribuiti e ai Confini**

Inoltre, è possibile definire le armature longitudinali e trasversali modificando gli schemi d'armatura rilevanti.





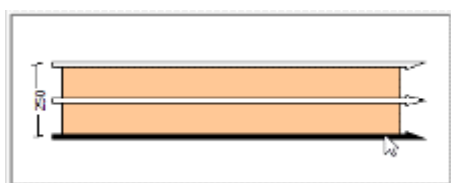
**Visualizza Armatura**

Gli isolatori possono essere aggiunti anche in diverse posizioni della parete. Essi vengono assegnati tramite il modulo Isolator, nel quale gli utenti possono selezionare: la geometria (posizione – inferiore, superiore o intermedia – e altezza dell'isolatore), il tipo (elastomerico, a nucleo in piombo o a superficie curva), e i parametri dell'isolatore: la rigidezza verticale e orizzontale e la resistenza a taglio di snervamento e il rapporto di incrudimento (per gli isolatori elastomerici e a nucleo in piombo, modellati come elementi di tipo isolator1), oppure il coefficiente di attrito e il raggio del pendolo (per gli isolatori a superficie curva, noti anche come Friction Pendulum System (FPS), modellati come elementi di tipo isolator2).

Inoltre, è possibile assegnare avvolgimenti in FRP agli elementi pilastro tramite il modulo FRP Wrapping, dove gli utenti possono selezionare il tipo di FRP da un elenco di prodotti comuni presenti sul mercato oppure inserire valori definiti dall'utente.

Nell'area Advanced Modelling, le impostazioni basate sul codice dell'elemento strutturale possono essere definite tramite la finestra Advanced Member Properties, accessibile dall'apposito pulsante. I parametri di modellazione dell'elemento possono inoltre essere impostati dalla finestra Modelling Parameters, anch'essa accessibile tramite l'apposito pulsante.

A differenza della definizione delle colonne, dove è sufficiente un semplice clic per definire l'elemento, nelle sezioni di parete devono essere individuati due punti nella finestra del Building Modeller. La linea di inserimento può trovarsi al centro oppure su uno dei due lati della parete; ciò può essere determinato selezionando una delle tre linee nella finestra View/Modify Geometry (la linea nera indica l'opzione selezionata).




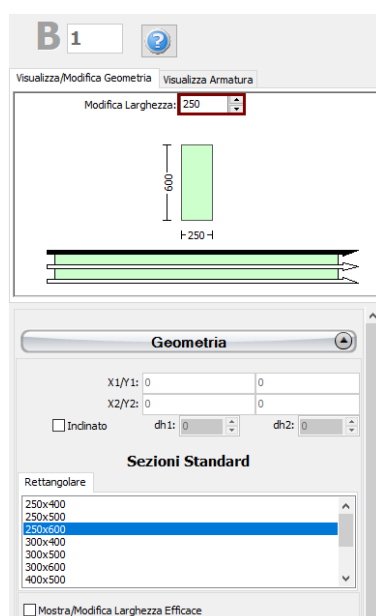
**Selezione della linea di inserimento**



**Inserimento della parete**

## Trave

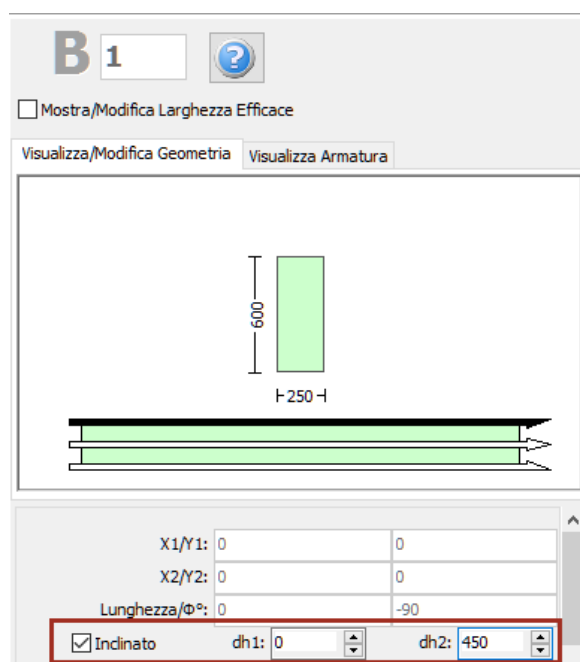
Le travi possono essere inserite dal menu principale (*Inserisci > Inserisci Trave...*) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Nella Finestra delle Proprietà, che appare sulla destra dello schermo, gli utenti possono adattare le dimensioni della sezione all'interno della scheda *Visualizza/Modifica Geometria* oppure selezionando una sezione dalla lista delle sezioni standard predefinite.




### Modifica dimensioni della sezione

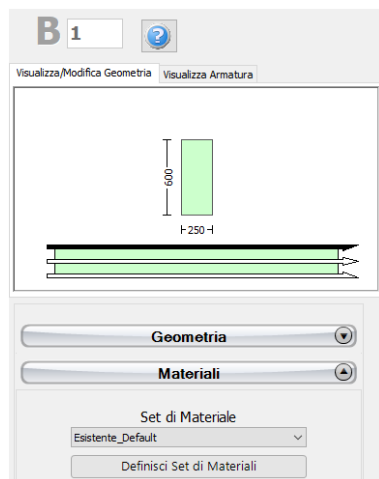
Le travi inclinate possono essere modellate in maniera efficace, specificando le differenze di quota delle due estremità della trave rispetto all'altezza di piano. L'altezza dei pilastri di supporto viene poi adattato automaticamente.

**NOTA 1:** Nel caso di travi convergenti nel medesimo pilastro ma ad altezze differenti, il programma suddivide in maniera automatica l'elemento pilastro, in modo tale da simulare efficacemente il pilastro tozzo che viene generato.



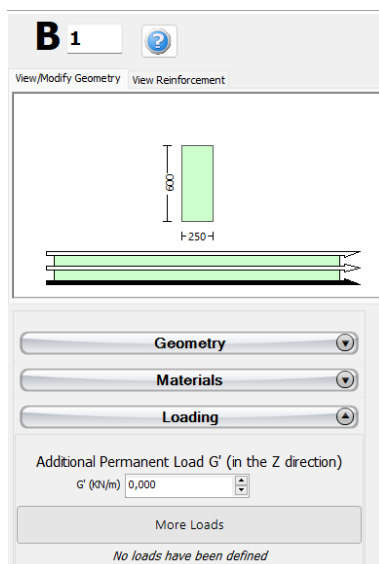
### Trave inclinata

Le proprietà dei set di materiali possono essere definite dal menu principale (*Strumenti > Definisci Set Materiali*), tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti , oppure tramite il pulsante *Definisci Set Materiali* all'interno della Finestra delle Proprietà dell'elemento. I valori richiesti per la definizione delle proprietà dei materiali dipendono dal tipo di elemento, ossia se si tratta di elementi nuovi o esistenti. Per default, vengono proposti due schemi di materiali, uno per gli elementi esistenti e l'altro per quelli nuovi.



### Materiali

Nel modulo delle sezioni delle travi, è possibile anche assegnare dei carichi permanenti distribuiti aggiuntivi, che serviranno a definire qualsiasi carico non associato al peso proprio della struttura (come le finiture, le tamponature, i carichi variabili, ecc.).



### Carichi

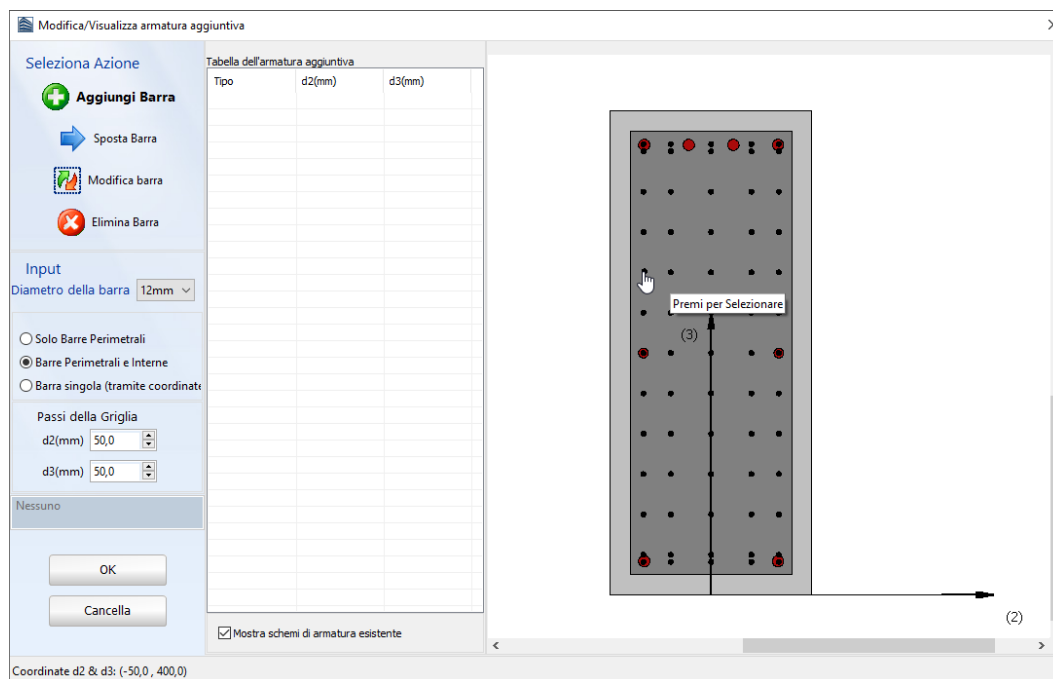
I carichi possono essere definiti anche cliccando sul pulsante Altri Carichi. Gli utenti possono definire forze distribuite uniformemente lungo la lunghezza del membro in tutte e tre le direzioni traslazionali (X, Y o Z), e forze o momenti in qualsiasi direzione traslazionale o rotazionale (X, Y, Z, RX, RY o RZ) su uno dei due bordi del membro (inizio o fine). Possono essere applicati carichi permanenti aggiuntivi  $G'$  (non associati al peso proprio della struttura), carichi variabili  $Q$  e carichi di neve  $S$ , quest'ultimi applicabili solo a ASCE 41 e TBDY. Per impostazione predefinita, tutti i carichi sono uguali a zero.

**Finestra Carichi Distribuiti e ai Confini**

Inoltre, è possibile definire le armature longitudinali e trasversali modificando gli schemi d'armatura rilevanti. È possibile definire anche schemi d'armatura differenti, a seconda che si tratti della sezione di mezzeria o di quelle alle due estremità della trave.

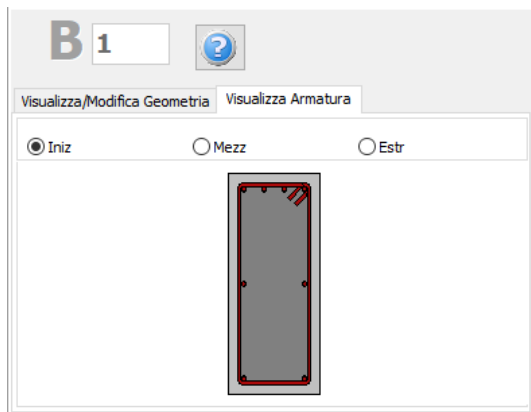
**Schema d'armatura**

È inoltre possibile inserire singole barre d'armatura tramite il corrispondente pulsante *Barre Aggiuntive*; nella finestra successiva Modifica/Visualizza armatura aggiuntiva è possibile introdurre le barre graficamente, come mostrato nella seguente figura:

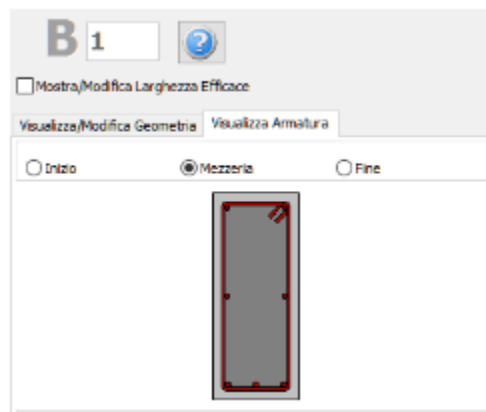


**Finestra Modifica/Visualizza armature aggiuntiva**

Nella Finestra delle Proprietà gli utenti possono scegliere tra l'opzione *Visualizza Armatura*, in cui viene mostrata l'armatura (longitudinale e trasversale) nelle sezioni iniziale, di mezzeria e finale, e l'opzione *Visualizza/Modifica Geometria*, in cui possono essere visualizzate e modificate le dimensioni della sezione.



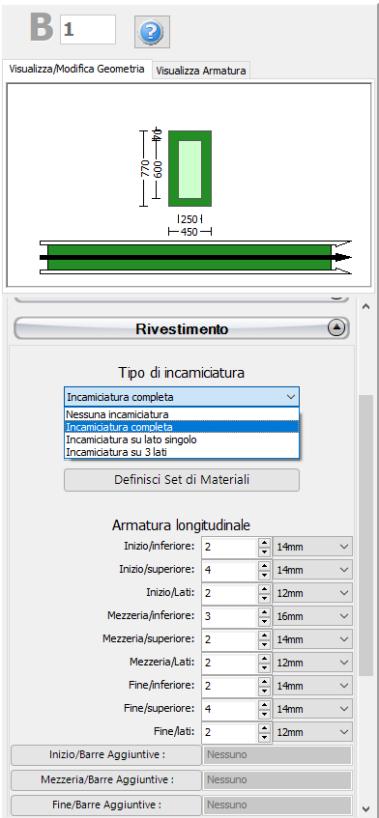
**Armatura della sezione iniziale della trave**



**Armatura della sezione di mezzeria della trave**

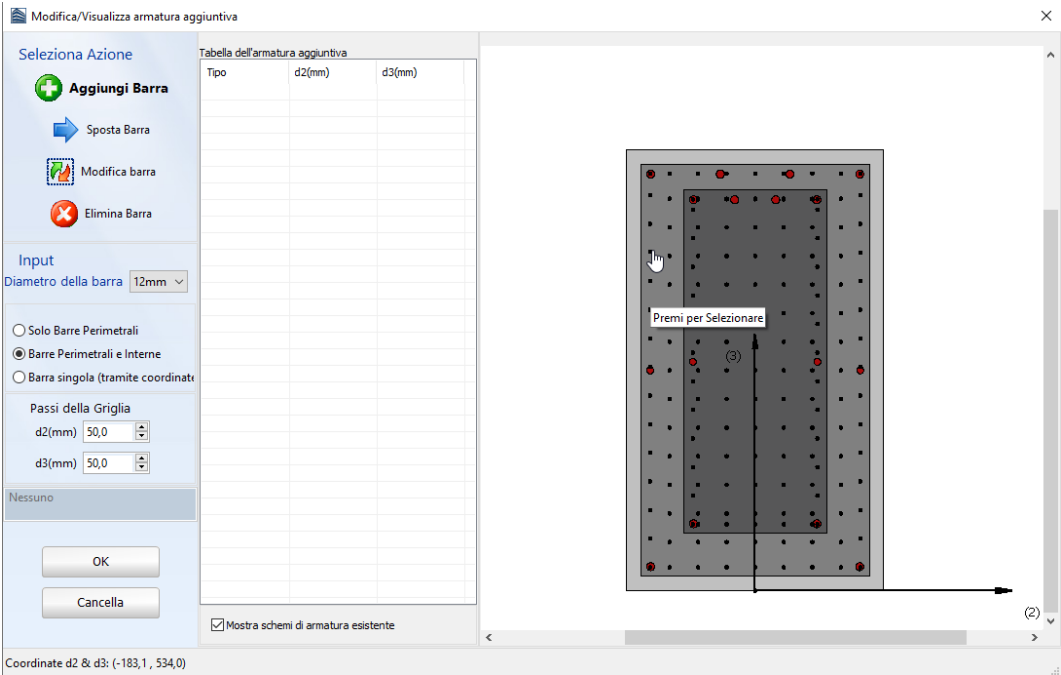
Le camicie possono essere applicate alla sezione nell'area *Incamiciatura* selezionando il tipo di rivestimento, cioè se incamicatura completa, su 3 lati o sul lato singolo, e assegnando il set di materiali e il rinforzo longitudinale e trasversale del rivestimento.





**Incamiciatura**

L'aggiunta di singole barre longitudinali di armatura al rivestimento può essere effettuata anche tramite il corrispondente modulo Armature Aggiuntive, dove è possibile introdurre graficamente un'ulteriore armatura sia nella parte esistente che in quella nuova della sezione, come mostrato nella figura seguente:



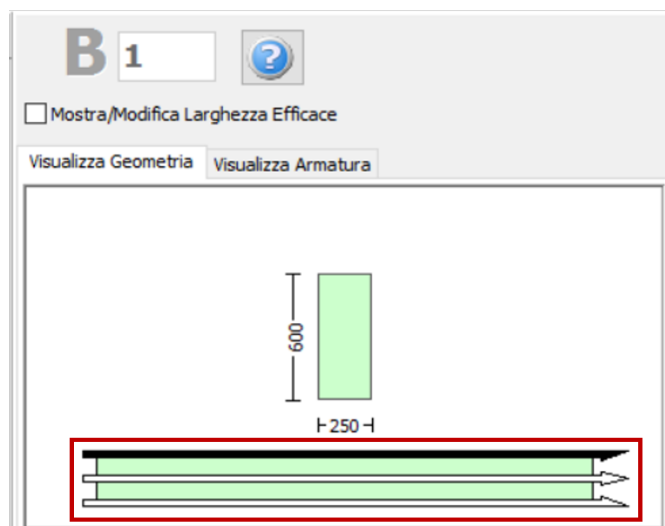
**Finestra Modifica/Visualizza armature aggiuntiva**

Inoltre, gli avvolgimenti in FRP possono essere assegnati agli elementi trave tramite il modulo FRP Wrapping, dove gli utenti possono selezionare il tipo di FRP da un elenco dei prodotti più comuni presenti sul mercato oppure inserire valori definiti dall'utente.

Nell'area Modellazione avanzata, possono anche essere definite le impostazioni da normativa degli elementi strutturali attraverso la finestra di dialogo delle Proprietà Avanzate dell'Elemento, a cui si accede tramite il corrispondente pulsante. I parametri di modellazione degli elementi possono essere definiti dalla finestra di dialogo *Parametri di Modellazione*, accessibile tramite il corrispondente pulsante.

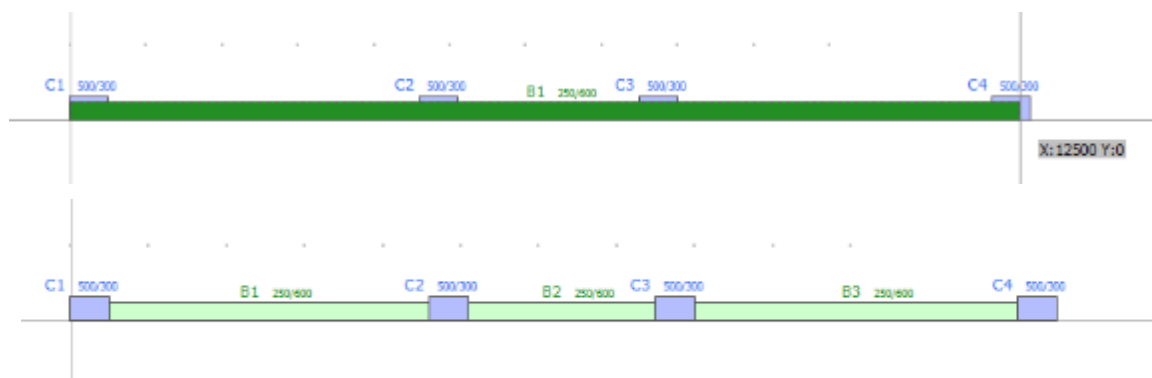
**NOTA 2:** Nel modulo Proprietà Avanzate dell'elemento gli utenti devono prendere decisioni sulle proprietà dell'incamiciatura della sezione, selezionando i parametri tali da considerare l'intera sezione, sia esistente che nuova.

In maniera del tutto analoga alle pareti, per definire le travi è necessario tracciare due punti nella Finestra del Modellatore Edifici. La linea di inserimento può essere al centro oppure su uno dei due lati della trave; per modificare la sua posizione è necessario cliccare su una delle tre linee nella finestra Visualizza/Modifica Geometria (la linea nera è l'opzione selezionata).



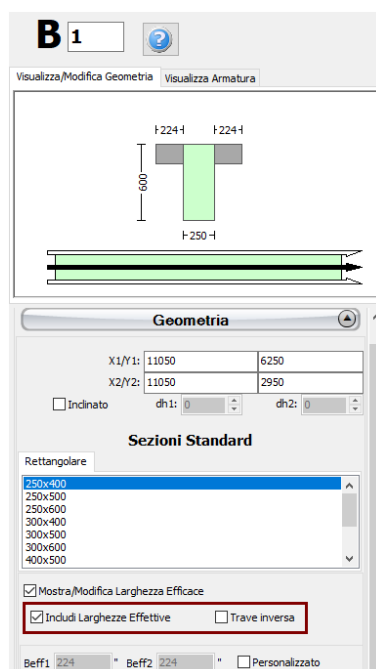
**Selezione della linea di inserimento**

Quando una trave assegnata interseca un pilastro o una parete esistente, questa viene suddivisa automaticamente ed il programma genera due elementi distinti. Di conseguenza, può risultare utile definire diverse travi allineate con solo due click del mouse.



**Inserimento di 3 travi in una sola mossa**

Una volta definiti i solai, nell'area Geometria della Finestra delle Proprietà delle travi appariranno due opzioni aggiuntive: (i) selezionare se includere o meno la larghezza effettiva della trave e (ii) selezionare se la trave è rovescia o meno. La larghezza effettiva viene calcolata automaticamente dal programma, anche se può essere modificata dall'utente.

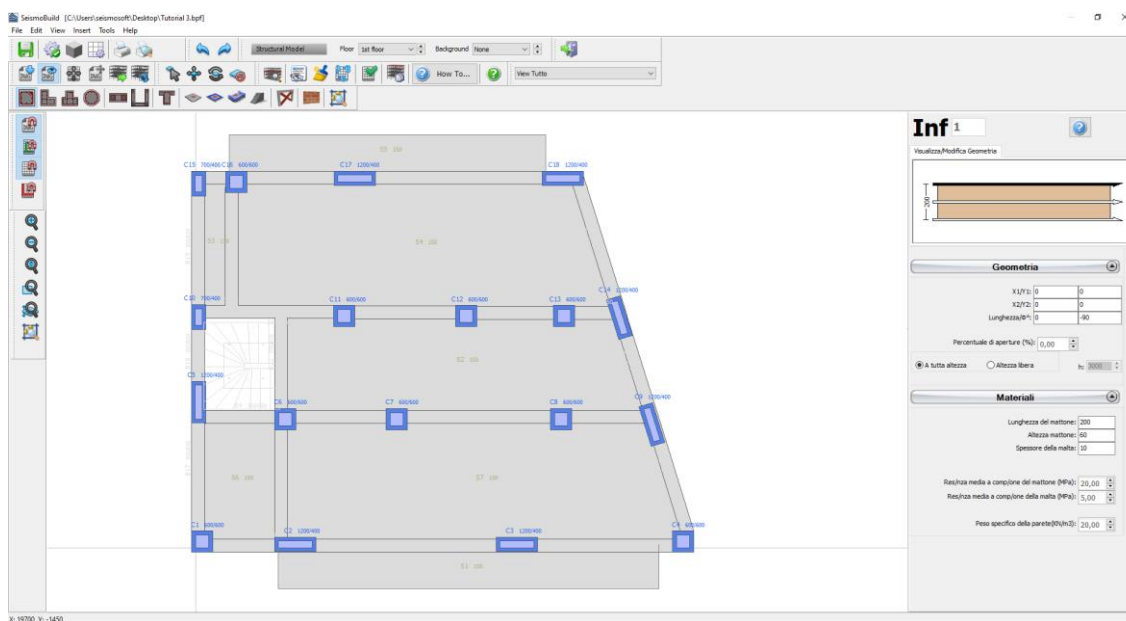


**Finestra delle Proprietà della trave (dopo la definizione dei solai)**

## Tamponature

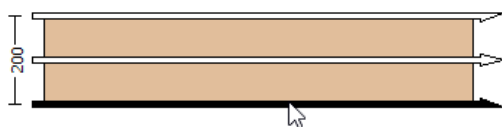
I pannelli di tamponamento possono essere inseriti dal menu principale (*Inserisci > Inserisci tamponatura*) o tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Nella finestra delle proprietà, gli utenti possono impostare i parametri principali che influenzano la resistenza e la rigidezza della tamponatura, ossia i) le dimensioni, la lunghezza e l'altezza del mattone, ii) lo spessore della malta, iii) la resistenza a compressione dei mattoni e della malta, iv) la percentuale delle aperture sulla parete e v) il peso specifico della parete.

È possibile specificare un'altezza di tamponamento diversa da quella definita per il piano; per fare ciò è necessario selezionare la casella *Lunghezza libera* e assegnare una lunghezza differente. Quando questa opzione è selezionata, gli elementi pilastro adiacenti vengono automaticamente suddivisi in membri più corti dal programma. Se, al contrario, viene selezionata la casella *Intera lunghezza*, allora l'elemento avrà la stessa altezza del piano a cui si trova. In aggiunta, può essere adattato anche il livello della fondazione della parete; in questo modo all'utente viene data la possibilità di definire diversi livelli di fondazione.



### Modifica parametri tamponatura

In maniera del tutto analoga alle pareti e alle travi, per definire i pannelli di tamponamento è necessario tracciare due punti nella Finestra del Modellatore Edifici. La linea di inserimento può essere al centro oppure su uno dei due lati della parete; per modificare la sua posizione è necessario cliccare su una delle tre linee nella finestra Visualizza/Modifica Geometria (la linea nera è l'opzione selezionata).




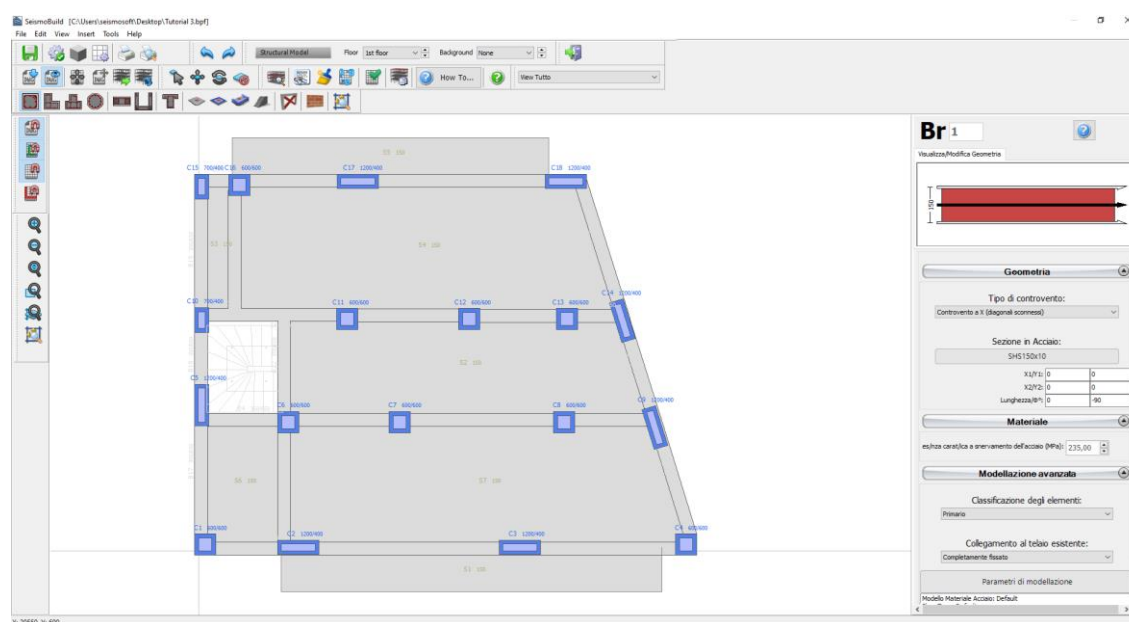
Selezione della linea di inserimento



Inserimento del tamponamento

### Controventi in acciaio

I controventi in acciaio possono essere inseriti dal menu principale (*Inserisci > Inserisci controventi in acciaio*) o tramite il pulsante corrispondente della barra degli strumenti . Nella finestra delle proprietà, gli utenti possono impostare i parametri principali che influenzano la forza e la rigidezza del nuovo elemento, ossia i) il tipo di controvento (attualmente sono supportati controventi a X con diagonali collegati, controventi a X con diagonali disconnessi, diagonale singolo, diagonale singolo invertito, controvento a V e controvento a V rovescia (controvento tipo Chevron)), ii) la sezione, iii) la resistenza a snervamento dell'acciaio, iv) il tipo di collegamento al telaio esistente (completamente fissato o incernierato) e v) i parametri di modellazione.



### Modifica parametri dei controventi in acciaio

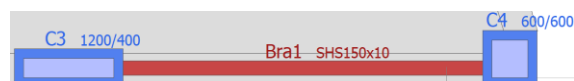
In maniera del tutto analoga alle pareti e alle travi, per definire i controventi è necessario tracciare due punti nella Finestra del Modellatore Edifici. La linea di inserimento può essere al centro oppure su uno dei due lati dell'elemento; per modificare la sua posizione è necessario cliccare su una delle tre linee nella finestra Visualizza/Modifica Geometria (la linea nera è l'opzione selezionata).

Contrariamente agli altri elementi strutturali definiti con due clic del mouse, nei controventi in acciaio gli utenti non devono specificare la larghezza del controvento, poiché questa viene considerata automaticamente dalla sezione di acciaio selezionata.

Si noti che, le travi che giacciono sotto il controvento a V e controvento a V rovescia, vengono automaticamente suddivise dal programma.




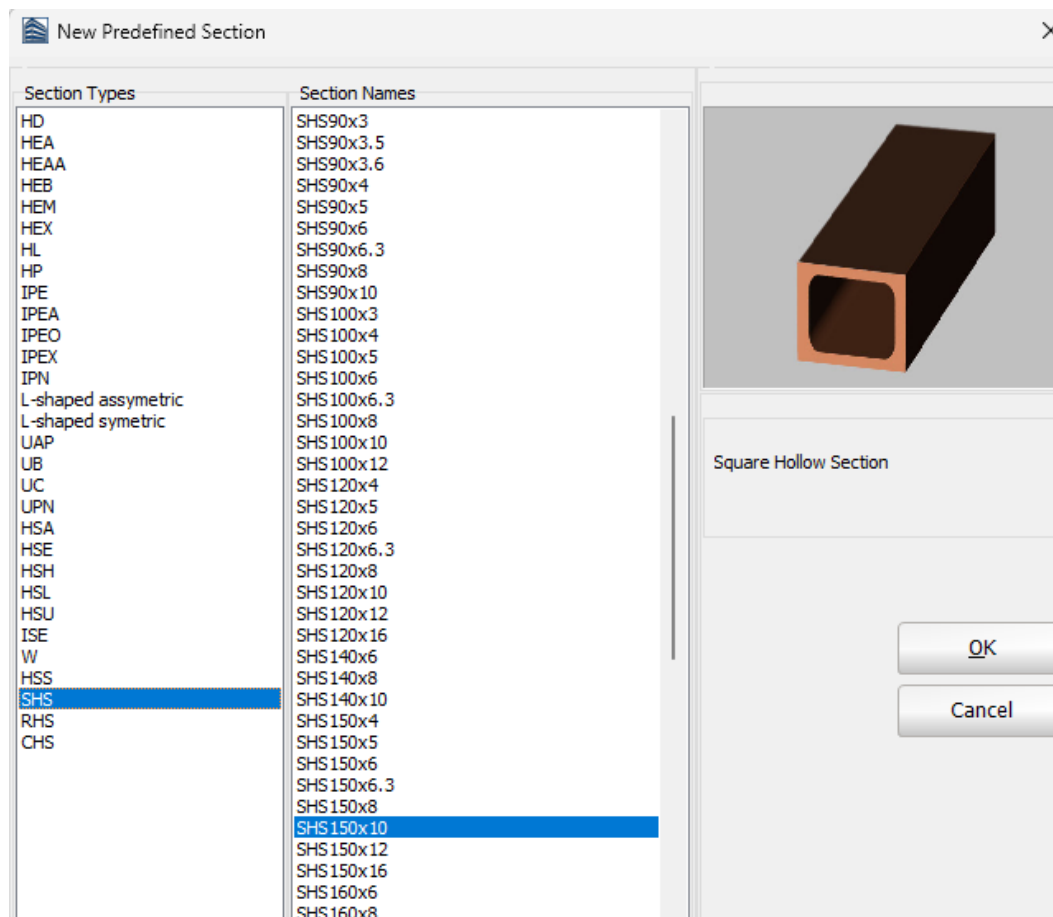
Selezione della linea di inserimento



Inserimento del controvento in acciaio

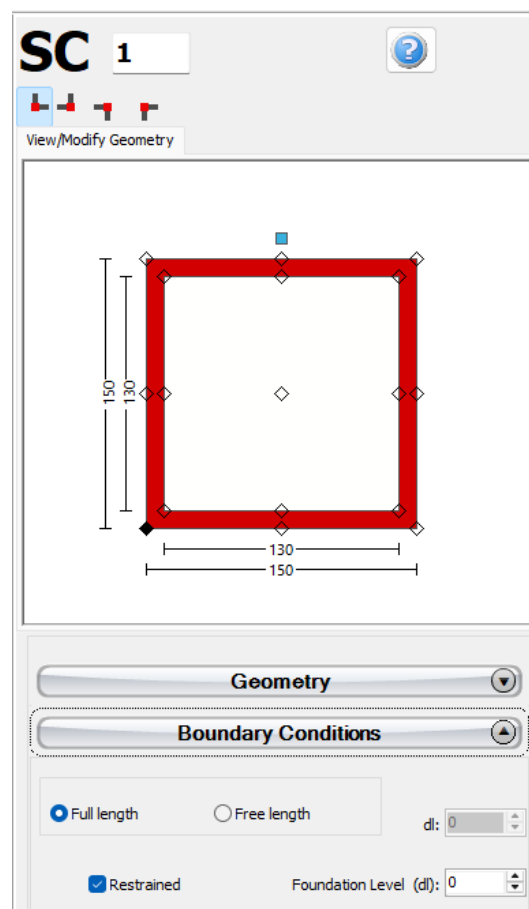
## Colonna in Acciaio

Le colonne in acciaio possono essere inserite dal menu principale (Inserisci > Colonna in Acciaio) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Nella finestra delle Proprietà che appare, gli utenti selezionano una sezione tra quelle standard predefinite.



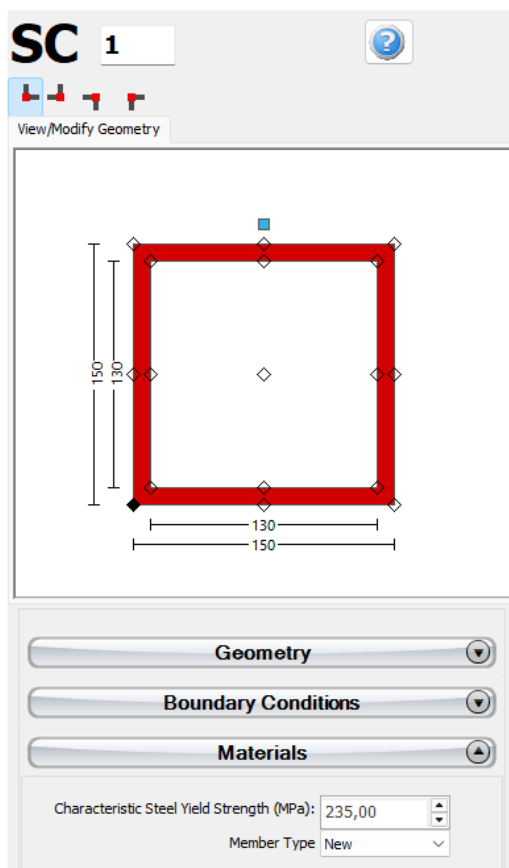
### Sezioni predefinite

È possibile definire un'altezza della colonna in acciaio diversa dall'altezza generale del piano selezionando l'opzione Free length e assegnando una lunghezza differente. Se invece è selezionata l'opzione Full length, l'elemento assume la stessa altezza del piano. Inoltre, è possibile modificare il livello di fondazione della colonna in acciaio, offrendo così all'utente la possibilità di definire livelli di fondazione differenti.



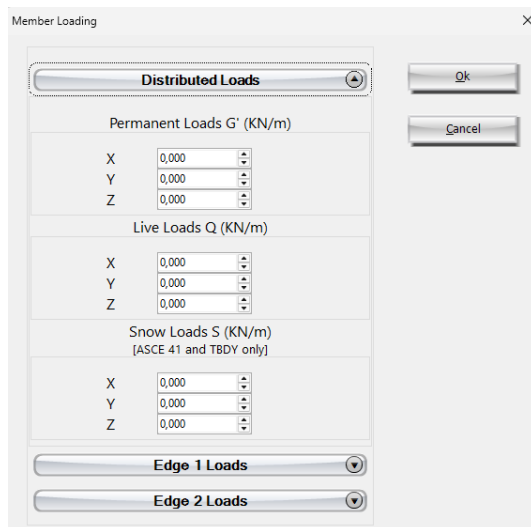
### Condizioni al contorno

Le proprietà dell'acciaio possono essere definite all'interno della Finestra delle Proprietà dell'elemento. Devono essere specificati la resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio e il tipo di elemento, ovvero se si tratta di un elemento esistente o nuovo.



### Materiale

Carichi aggiuntivi possono essere definiti facendo clic sul pulsante Distributed and Edge Loads. Gli utenti possono definire forze uniformemente distribuite lungo la lunghezza dell'elemento in tutte e tre le direzioni di traslazione X, Y o Z, nonché forze o momenti in qualsiasi direzione di traslazione o rotazione (X, Y, Z, RX, RY o RZ) in corrispondenza di uno dei due estremi dell'elemento (inferiore o superiore). Possono essere applicati carichi permanenti aggiuntivi G' (non associati al peso proprio della struttura), carichi variabili Q e carichi neve S, con quest'ultimi applicabili solo per ASCE 41 e TBDY. Per impostazione predefinita, tutti i carichi sono pari a zero.



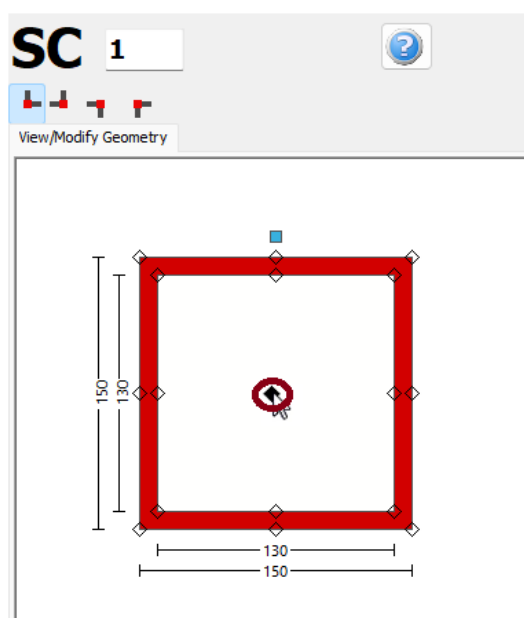
### Finestra Carichi Distribuiti e ai Bordi



**Isolators** Gli isolatori possono essere aggiunti anche in diverse posizioni della colonna. Essi vengono assegnati tramite il modulo Isolator, nel quale l'utente può selezionare la geometria (posizione – inferiore, superiore o punto intermedio – e altezza dell'isolatore), il tipo (elastomerico, a nucleo in piombo oppure a superficie curva) e i parametri dell'isolatore: la rigidezza verticale e orizzontale, la resistenza a taglio di snervamento e il rapporto di incrudimento (per gli isolatori elastomerici e a nucleo in piombo, modellati come elementi di tipo isolator1), oppure il coefficiente di attrito e il raggio del pendolo (per gli isolatori a superficie curva, noti anche come Friction Pendulum System (FPS), modellati come elementi di tipo isolator2).


Nell'area Advanced Modelling, le impostazioni basate sulla normativa per l'elemento strutturale possono essere definite tramite la finestra Advanced Member Properties, accessibile dal pulsante corrispondente. I parametri di modellazione dell'elemento possono inoltre essere impostati dalla finestra Modelling Parameters, anch'essa accessibile tramite il pulsante dedicato.

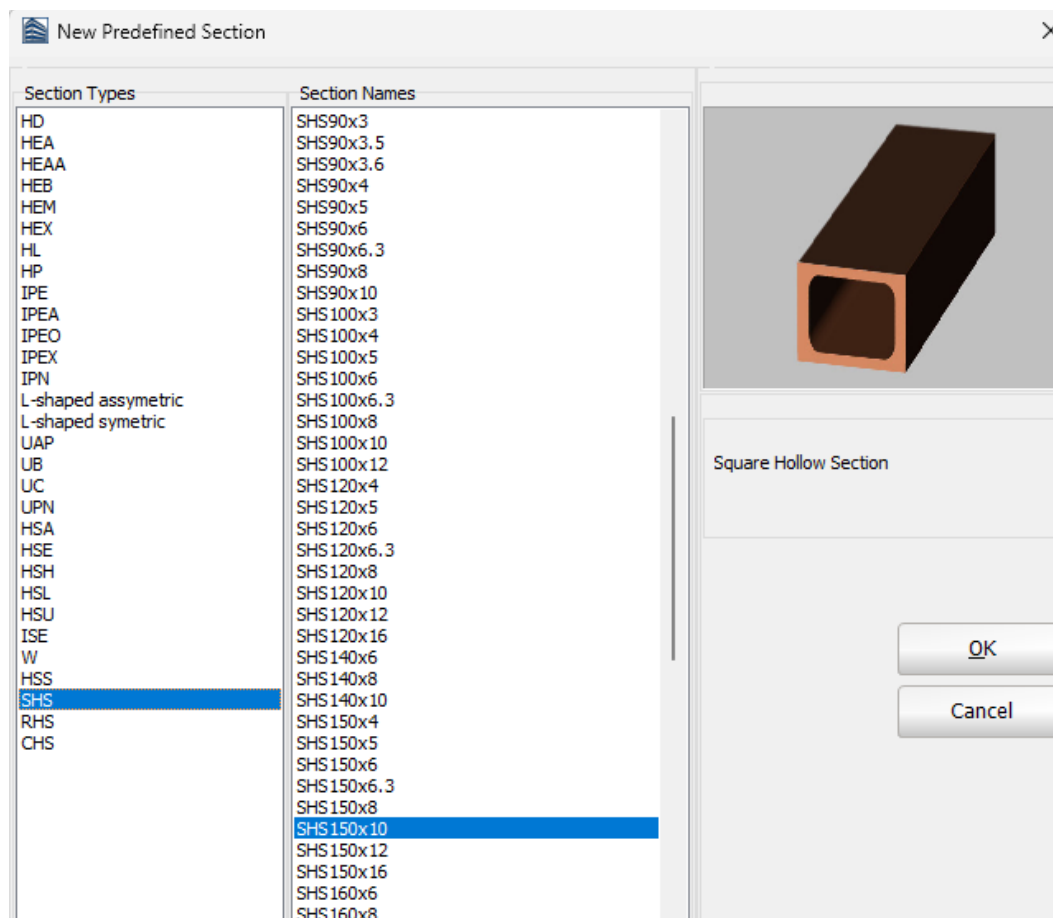
Dopo aver definito tutte le proprietà della sezione, il nuovo elemento può essere aggiunto con un semplice clic nella finestra principale del Building Modeller. La posizione della sezione corrispondente al punto di inserimento (cioè il clic del mouse) e la rotazione della sezione nella vista in pianta possono essere selezionate dalla finestra Member Properties.



**Selezione del punto di inserimento**

## Trave in Acciaio

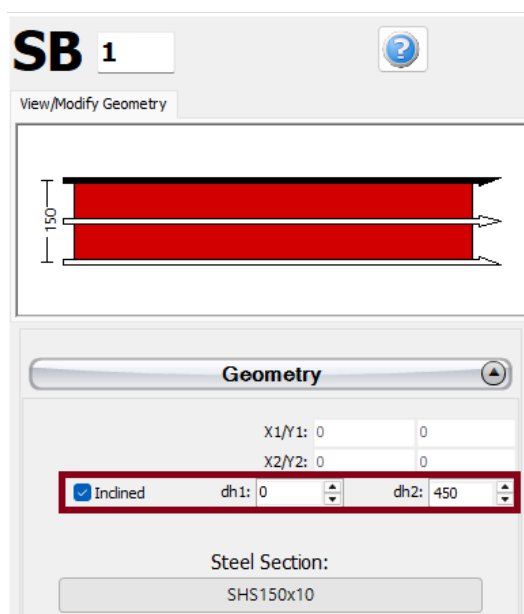
Le travi in acciaio possono essere inserite dal menu principale (Inserisci > Trave in Acciaio) oppure tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Nella finestra delle Proprietà che appare, gli utenti selezionano una sezione tra quelle standard predefinite.



### Sezioni predefinite

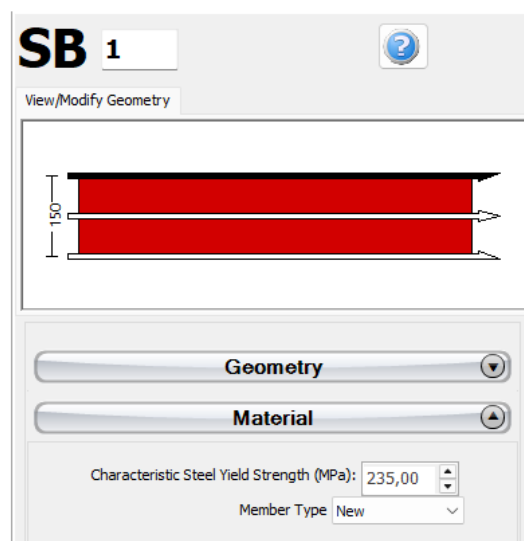
Le travi inclinate possono essere modellate in modo efficiente specificando le differenze di quota dei due estremi della trave rispetto all'altezza del piano. L'altezza delle colonne di supporto viene quindi adattata automaticamente.

**NOTA 1:** Nel caso in cui travi siano sostenute dalla stessa colonna a differenti altezze, il programma suddivide automaticamente l'elemento colonna, in modo da simulare correttamente il pilastro corto che ne deriva.



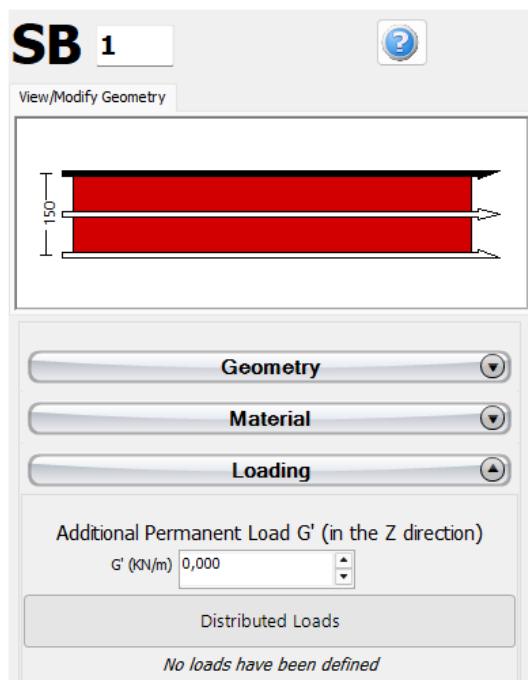
**Trave inclinata**

Le proprietà dell'acciaio possono essere definite all'interno della Finestra delle Proprietà dell'elemento. Devono essere specificati la resistenza caratteristica di snervamento dell'acciaio e il tipo di elemento, ovvero se si tratta di un elemento esistente o nuovo.



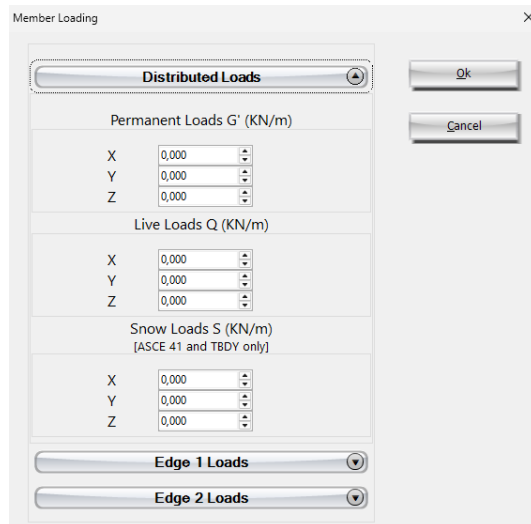
**Materiale**

Nel modulo delle sezioni della trave può essere assegnato anche un carico permanente distribuito aggiuntivo, utile per definire qualsiasi carico non associato al peso proprio della struttura (ad es. finiture, tamponamenti, carichi variabili, ecc.).



### Carichi Applicati

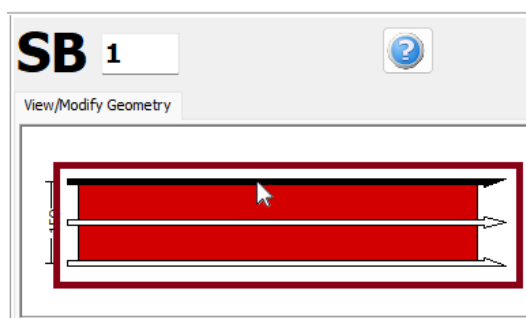
È inoltre possibile definire carichi aggiuntivi facendo clic sul pulsante More Loads. Gli utenti possono definire forze uniformemente distribuite lungo la lunghezza dell'elemento in tutte e tre le direzioni di traslazione X, Y o Z, nonché forze o momenti in qualsiasi direzione di traslazione o rotazione (X, Y, Z, RX, RY o RZ) in corrispondenza di uno dei due estremi dell'elemento (inizio o fine). Possono essere applicati carichi permanenti aggiuntivi  $G'$  (non associati al peso proprio della struttura), carichi variabili  $Q$  e carichi di neve  $S$ , con quest'ultimi applicabili solo per ASCE 41 e TBDY. Per impostazione predefinita, tutti i carichi sono pari a zero.



### Finestra Carichi Distribuiti e ai Bordi

Nell'area Advanced Modelling, le impostazioni basate sulla normativa dell'elemento strutturale possono essere definite tramite la finestra Advanced Member Properties, accessibile dal pulsante corrispondente. I parametri di modellazione dell'elemento possono inoltre essere impostati dalla finestra Modelling Parameters, anch'essa accessibile tramite l'apposito pulsante.


Per la definizione di una trave devono essere individuati due punti nella finestra principale. La linea di inserimento può trovarsi al centro oppure su uno dei due lati della trave; ciò può essere stabilito selezionando una delle tre linee nella finestra View/Modify Geometry (la linea nera indica l'opzione selezionata).

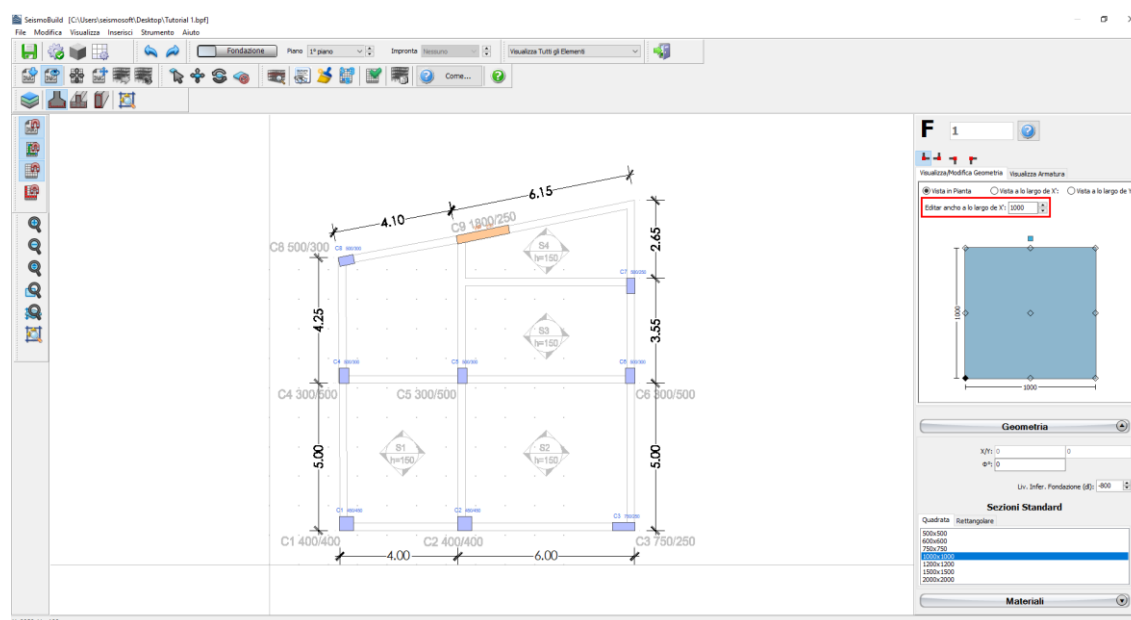


**Selezione della linea di inserimento**


Quando una trave assegnata interseca una colonna o una parete esistente, essa viene suddivisa automaticamente e vengono così creati due elementi. Di conseguenza, più travi possono essere definite in sequenza con soltanto due clic.

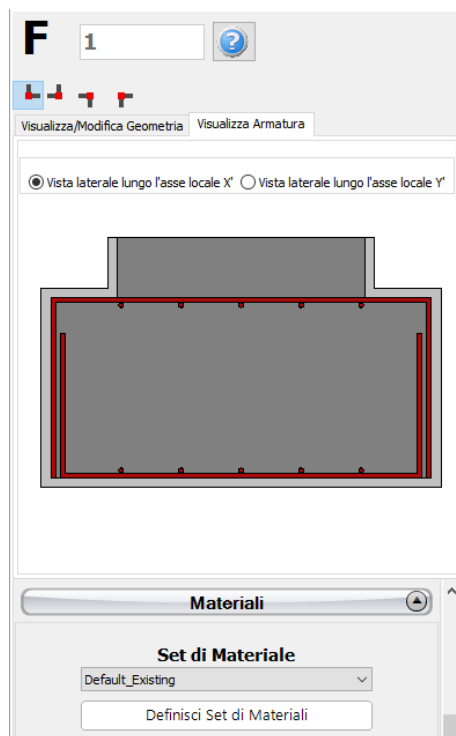
## Plinti

I Plinti possono essere inseriti tramite il corrispondente pulsante della barra degli strumenti . Nella Finestra delle Proprietà che appare gli utenti possono adattare le dimensioni del Plinto sia nella finestra Visualizza/Modifica Geometria o selezionando una sezione dalle sezioni standard predefinite (quadrata o rettangolari).



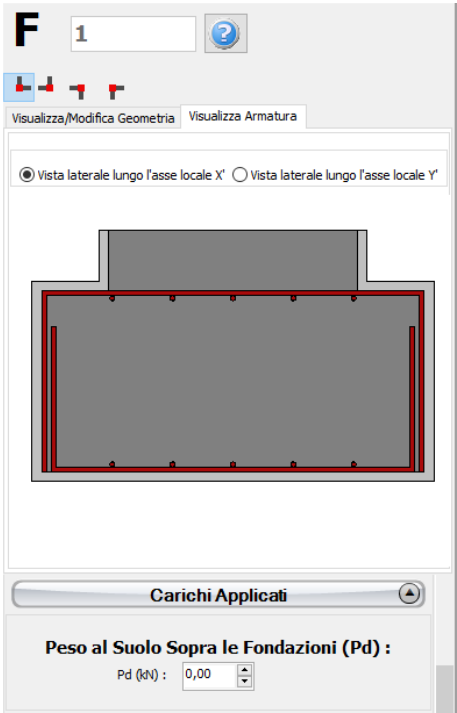
**Modifica delle dimensioni del Plinto**

Le proprietà dei materiali possono essere definite dal menu principale (Strumenti > Definisci Set di Materiali), tramite il pulsante della barra degli strumenti corrispondente  o tramite il pulsante Definisci Set di Materiali all'interno della finestra delle proprietà dell'elemento. I valori richiesti per la definizione delle proprietà dei materiali dipendono dal tipo di elementi, cioè esistenti o nuove. Come impostazione predefinita, sono disponibili due schemi di materiali, uno per gli elementi esistenti e uno per quelli nuovi.



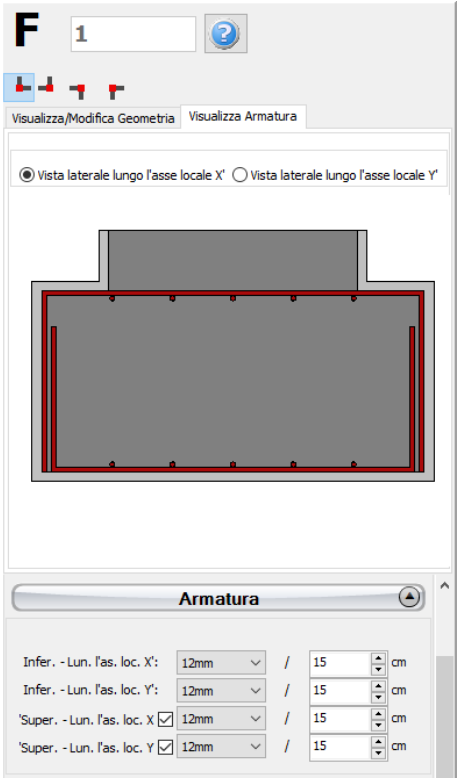
### Materiali

Nel modulo di Carico è possibile specificare un carico aggiuntivo agente sul Plinto dal suolo.



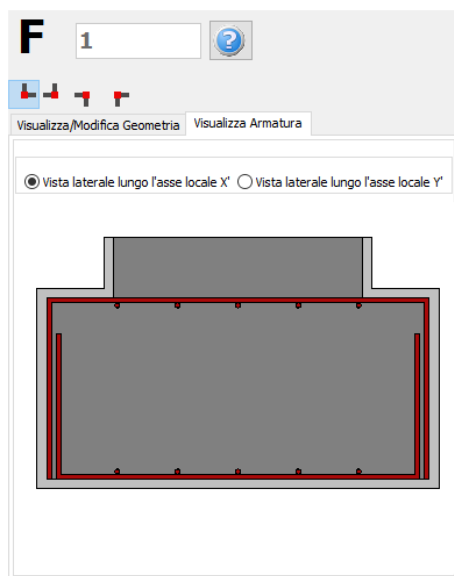
Carico

Inoltre, l'armatura della parte inferiore e superiore del singolo Plinto nelle due direzioni di armatura può essere definita modificando i relativi controlli del Modello di Armatura.



Schema di Armatura

Nella Finestra delle Proprietà gli utenti possono scegliere tra Visualizza Armatura, dove viene visualizzata l'armatura della sezione, e Visualizza/Modifica Geometria, dove possono essere visualizzate e modificate le dimensioni del Plinto.

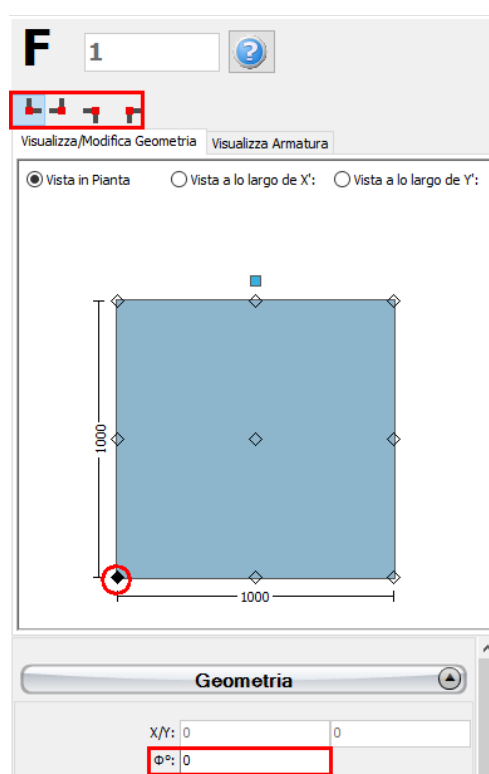


**Vista dell'Armatura**

Nell'area Modellazione Avanzata, le impostazioni di norma del Plinto possono essere definite tramite la finestra di dialogo Proprietà Avanzate dell'elemento che si apre dal pulsante corrispondente. I parametri di modellazione del Plinto possono essere definiti anche dalla finestra di dialogo Parametri di Modellazione, accessibile dal pulsante corrispondente.


Dopo aver definito tutte le proprietà del Plinto si può aggiungere il nuovo elemento con un semplice click sulla Finestra Principale del Modellatore Edifici. La posizione della fondazione che corrisponde al punto di inserimento (ovvero il clic del mouse) e la rotazione dell'elemento in pianta possono essere selezionate dalla finestra Proprietà dell'Elemento.

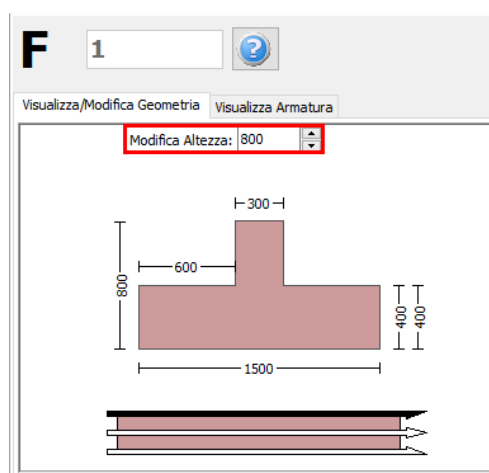




**Selezionare il punto di inserimento e ruotare la vista in pianta del singolo plinto**

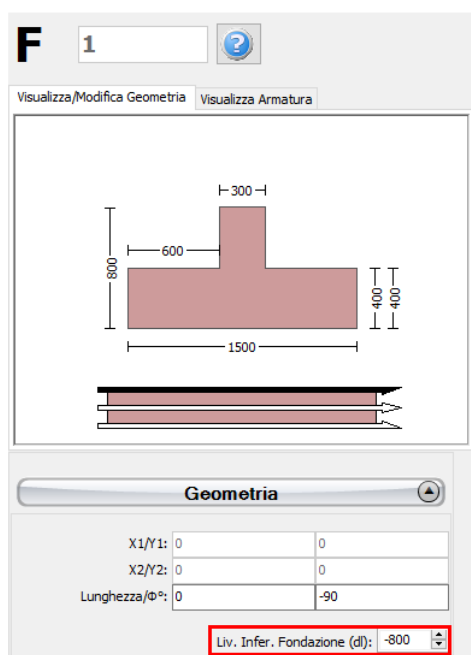
## Travi Rovescce

Le Travi Rovescce possono essere aggiunte dal menu principale (Inserisci > Inserisci Muro) o dal pulsante  della barra degli strumenti corrispondente. Nella Finestra delle Proprietà che appare gli utenti possono adattare le dimensioni della sezione nella finestra Visualizza/Modifica Geometria, mentre la sua lunghezza viene definita graficamente con il suo inserimento specificando due punti, inizio e fine.




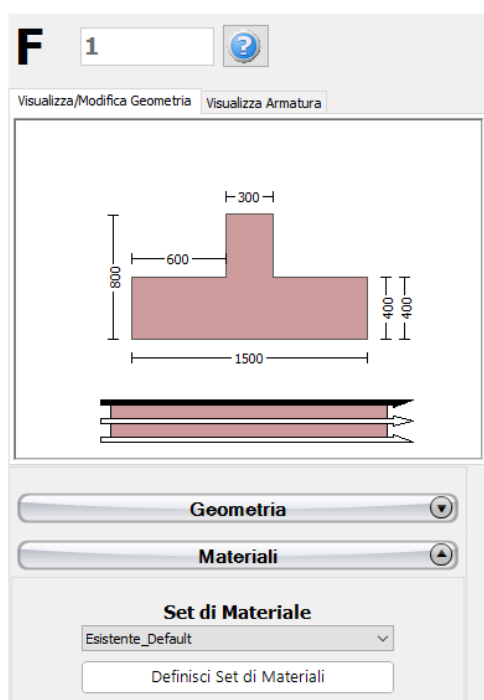
**Modifica delle dimensioni della sezione**

Il livello di base della Trave Rovescia può essere adattato relativamente al livello di fondazione dell'edificio, al fine di definire un diverso livello di fondazione per una specifica Trave Rovescia.



**Livello di base della fondazione**

Le proprietà del set di materiali possono essere definite dal menu principale (Strumenti > Definisci set di Materiali), tramite il pulsante  della barra degli strumenti corrispondente o tramite il pulsante Definisci set di Materiali all'interno della finestra delle proprietà dell'elemento. I valori richiesti per la definizione delle proprietà dei materiali dipendono dal tipo di elementi, cioè esistenti o nuovi. Come impostazione predefinita, sono disponibili due schemi di materiali, uno per gli elementi esistenti e uno per quelli nuovi.



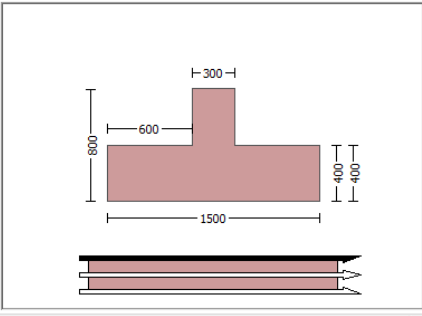
**Materiali**

È inoltre possibile assegnare un carico distribuito aggiuntivo nell'Area di Carico, che servirà a definire qualsiasi carico dal suolo alla Trave Rovescia.

**F**

Visualizza/Modifica Geometria

Visualizza Armatura



Carichi Applicati

**Peso al Suolo Sopra le Fondazioni (Pd) :**  
Pd (kN/m) :

Carico

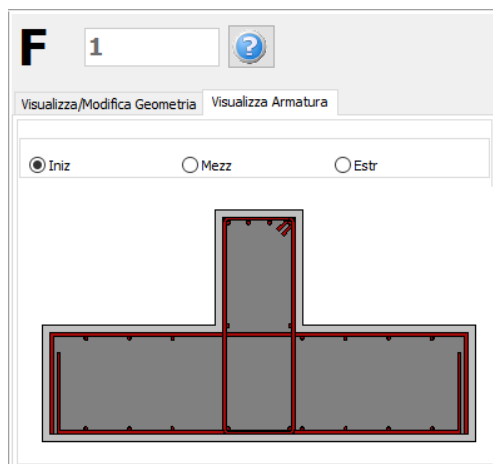
Inoltre, l'armatura longitudinale e trasversale possono essere definite modificando i relativi controlli del modello di armatura nell'area dell'armatura.

Armatura

**Armatura longitudinale**  
Inizio/anima inferiore:    
Inizio/anima superiore:    
Inizio/anima laterale:    
Mezzeria/anima inferiore:    
Mezzeria/anima superiore:    
Mezzeria/anima laterale:    
Fine/anima inferiore:    
Fine/anima superiore:    
Fine/anima laterale:    
  
Ala inizio/inferiore:  /  cm  
A ☒  /  cm  
Ala mezzeria/inferiore:  /  cm  
A ☒  /  cm  
Ala fine/inferiore:  /  cm  
A ☒  /  cm  
  
**Armatura trasversale**  
Anima inizio/Staffe:  /  cm  
Anima inizio/No. bracci al.: Altezza  Larghezza   
Anima mezzeria/Staffe:  /  cm  
mezzeria/No. bracci al.: Altezza  Larghezza   
Anima fine/Staffe:  /  cm  
Anima fine/No. bracci al.: Altezza  Larghezza   
  
Ala inizio/inferiore:  /  cm  
A ☒  /  cm  
Ala mezzeria/inferiore:  /  cm  
A ☒  /  cm  
Ala fine/inferiore:  /  cm  
A ☒  /  cm

Schema di Armatura

Nella Finestra delle Proprietà gli utenti possono scegliere tra Visualizza Armatura, dove viene visualizzata l'armatura della sezione (longitudinale e trasversale), e Visualizza/Modifica Geometria, dove è possibile visualizzare e modificare le dimensioni della sezione.



**Vista dell'Armatura**

Nella zona relativa alla Modellazione Avanzata, le impostazioni di norma dell'elemento strutturale possono essere definite tramite la finestra di dialogo Proprietà Elemento Avanzato che si apre dal pulsante corrispondente. I parametri di modellazione dell'elemento possono anche essere definiti dalla finestra di dialogo Parametri di Modellazione, accessibile dal pulsante corrispondente.

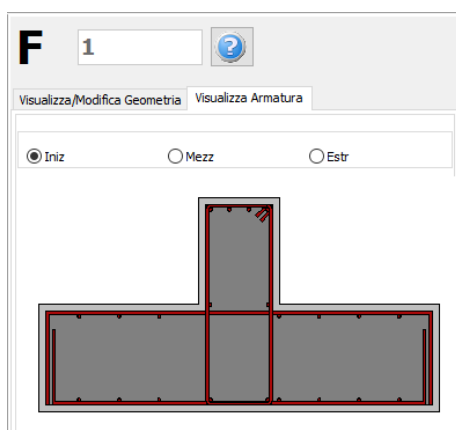
Contrariamente alla definizione di Plinto, in cui un semplice clic è sufficiente per definire l'elemento, per l'inserimento di Travi Rovescie devono essere delineati due punti nella Finestra del Modellatore Edifici. La linea di inserimento può trovarsi al centro o su uno dei due lati della parete; ciò può essere determinato facendo clic su una qualsiasi delle tre linee nella finestra Visualizza/Modifica geometria (la linea nera è l'opzione selezionata).



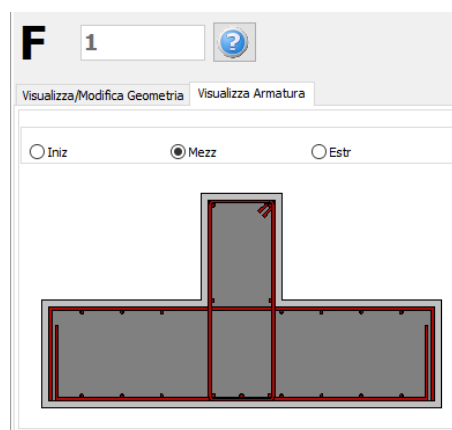
**Selezionare la linea di inserimento**

**Inserimento della Trave Rovescia**

Nella finestra delle proprietà gli utenti possono scegliere tra Visualizza Armatura, dove viene visualizzata l'armatura delle sezioni iniziale, centrale e finale (longitudinale e trasversale), e Visualizza/Modifica geometria, dove è possibile visualizzare e modificare le dimensioni della sezione.




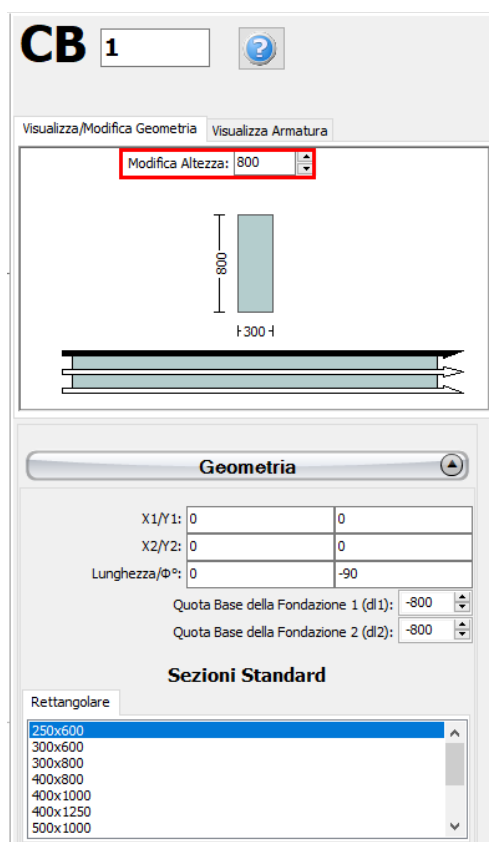
**Armatura della sezione iniziale della Trave Rovescia**



**Armatura della sezione di mezzeria della Trave Rovescia**

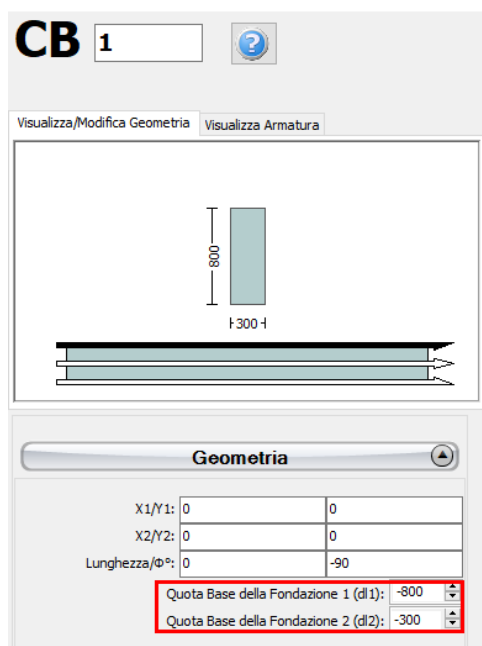
## Trave di Collegamento

Le Travi di Collegamento possono essere inserite tramite il corrispondente pulsante  della barra degli strumenti. Nella finestra delle Proprietà che appare gli utenti possono adattare le dimensioni della sezione nella finestra Visualizza/Modifica geometria o selezionando una sezione dalle sezioni standard predefinite.




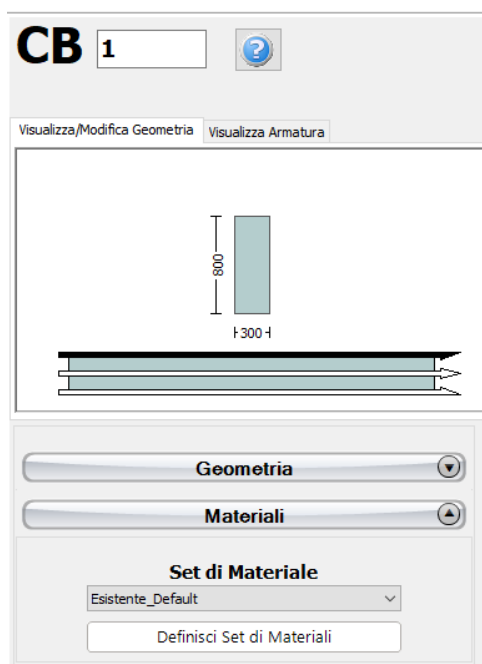
**Modifica delle dimensioni della sezione**

Le Travi di Collegamento inclinate possono essere modellate in modo efficiente specificando le differenze di quota delle due estremità della trave di collegamento rispetto al livello della base della fondazione.



#### Travi di Collegamento inclinate

Le proprietà del set di materiali possono essere definite dal menu principale (Strumenti > Definisci set di Materiali), tramite il pulsante  della barra degli strumenti corrispondente o tramite il pulsante Definisci set di Materiali all'interno della finestra delle Proprietà dell'Elemento. I valori richiesti per la definizione delle proprietà dei materiali dipendono dal tipo di elementi, cioè elementi esistenti o nuovi. Come impostazione predefinita, sono disponibili due schemi di materiali, uno per gli elementi esistenti e uno per quelli nuovi.



#### Materiali

Inoltre, l'armatura longitudinale e trasversale possono essere assegnate tramite i relativi controlli dello schema di armatura. Diversi modelli di armatura possono essere definiti in mezzeria e alle due estremità della trave.

CB1

Visualizza/Modifica Geometria

Visualizza Armatura

800

300

Armatura

Armatura longitudinale

Inizio/inferiore: 214mm

Inizio/superiore: 414mm

Inizio/Lati: 212mm

Mezzeria/inferiore: 316mm

Mezzeria/superiore: 214mm

Mezzeria/Lati: 212mm

Fine/inferiore: 214mm

Fine/superiore: 414mm

Fine/Lati: 212mm

Fine/Barre Aggiuntive : Nessuno

Mezzeria/Barre Aggiuntive : Nessuno

Inizio/Barre Aggiuntive : Nessuno

Transverse Reinforcement

Trasversale/inizio: 10mm / 15 cm

Trasversale centrale: 10mm / 15 cm

Trasversale/fine: 10mm / 15 cm

Schema di Armatura

Nella finestra delle proprietà gli utenti possono scegliere tra Visualizza Armatura, dove viene visualizzata l'armatura delle sezioni iniziale, centrale e finale (longitudinale e trasversale), e Visualizza/Modifica geometria, dove è possibile visualizzare e modificare le dimensioni della sezione.

CB1

Visualizza/Modifica Geometria

Visualizza Armatura

☒ Iniz

☐ Mezz

☐ Estr

Armatura nella sezione iniziale della Trave di Collegamento

CB1

Visualizza/Modifica Geometria

Visualizza Armatura

☐ Iniz

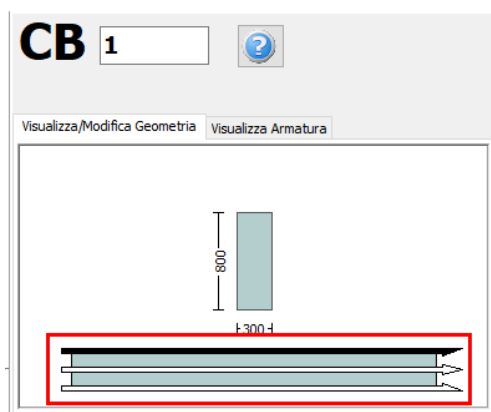
☒ Mezz

☐ Estr

Armatura nella sezione di mezzeria della Trave di Collegamento

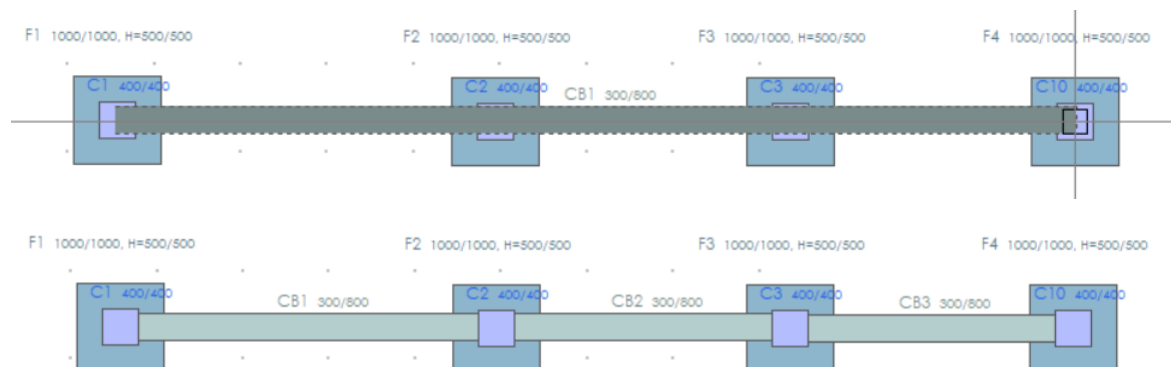
Nell'area Modellazione Avanzata, le impostazioni di normativa dell'elemento strutturale possono essere definite tramite la finestra di dialogo Proprietà Elemento Avanzato che si apre dal pulsante corrispondente. I parametri di modellazione dell'elemento possono anche essere definiti dalla finestra di dialogo Parametri di Modellazione, accessibile dal pulsante corrispondente.

In modo simile alle travi, per la definizione della Trave di Collegamento devono essere delineati due punti sulla finestra principale. La linea di inserimento può trovarsi al centro o su uno dei due lati della Trave di Collegamento; ciò può essere determinato facendo clic su una qualsiasi delle tre linee in Visualizza/Modifica geometria (la linea nera è l'opzione selezionata).



**Selezione del punto di inserimento**

Quando una Trave di Collegamento assegnata interseca una colonna o un muro esistente, viene automaticamente suddivisa e vengono così create due elementi. Di conseguenza, è possibile definire più travi in fila con soli due clic.



**Inserimento di 3 elementi Travi di Collegamento in una sola mossa**



## Appendice E – Classi di Elementi

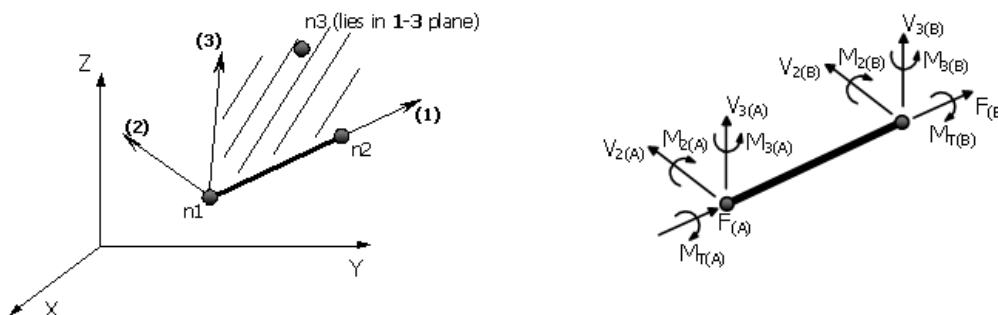
In questa appendice sono descritte in dettaglio le classi elementi disponibili nel programma.

### Elemento frame inelastico con formulazione basata sulle forze - *infrmFB*

Questo è l'elemento 3D trave-colonna con formulazione basata sulle forze, in grado di modellare gli elementi di un telaio spaziale tenendo in considerazione sia la non linearità geometrica che l'inelasticità del materiale. Come descritto nel paragrafo *Inelasticità del materiale*, lo stato di sforzo-deformazione degli elementi trave-colonna al livello della sezione si ottiene con l'integrazione della risposta non lineare uniassiale del materiale delle singole fibre in cui la sezione è stata suddivisa, in modo da cogliere completamente il diffondersi dell'inelasticità nella lunghezza dell'elemento e nella sezione.

L'elemento *infrmFB* è il più accurato tra i quattro elementi frame inelastici disponibili in SeismoBuild, poiché è in grado di catturare il comportamento anelastico lungo tutta la lunghezza dell'elemento, anche quando si impiega un singolo elemento finito per elemento strutturale. Quindi, il suo utilizzo consente una precisione molto elevata nei risultati analitici, offrendo agli utenti la possibilità di utilizzare facilmente i risultati delle rotazioni alla corda per le verifiche sismiche secondo le normative vigenti (ad es. Eurocodice 8, NTC-18, KANEPE, FEMA-356, ATC-40, ecc.). Il numero di fibre utilizzate nei calcoli dell'equilibrio effettuati ad ognuna delle quattro sezioni d'integrazione dell'elemento per default è impostato pari a 150.

Gli assi locali e le notazioni per l'output sono definiti nella figura seguente. Si prega di fare riferimento alla discussione sugli assi globali e locali nell'Appendice B per una descrizione dettagliata sulla determinazione dell'orientamento del sistema di assi locali dell'elemento.



Assi locali e Notazioni per l'Output per gli elementi *infrmFB*

### Elemento frame inelastico con formulazione basata sulle forze e cerniera plastica - *infrmFBPH*

È la versione "con cerniera plastica" dell'elemento *infrmFB*; questo elemento, denominato *infrmFBPH*, è dotato di una formulazione simile a quella a plasticità diffusa basata sulle forze, ma concentra tale inelasticità all'interno di una lunghezza dell'elemento prefissata, come proposta da Scott and Fenves [2006].

I vantaggi di questa formulazione sono non solo un tempo di analisi ridotto (dal momento che l'integrazione delle fibre avviene solo per le due sezioni di estremità dell'elemento), ma anche un pieno controllo/calibrazione della lunghezza di cerniera plastica (o di diffusione dell'inelasticità), che permette il superamento di problemi di localizzazione, come discusso ad esempio in Calabrese et al. [2010].

Il numero di fibre utilizzate nei calcoli dell'equilibrio effettuati ad ogni sezione d'integrazione dell'elemento (sezioni di estremità) è posto pari a 150. Questo numero è sufficiente a garantire un'adeguata riproduzione della distribuzione sforzi-deformazioni nella sezione dell'elemento.

In aggiunta, la lunghezza di cerniera plastica viene definita come percentuale della lunghezza totale degli elementi; la percentuale di default in SeismoBuild è posta pari a 16.67%.

Gli assi locali e le notazioni per l'output sono gli stessi utilizzati per gli elementi `infrmFB`.

### **Elemento frame inelastico con formulazione basata sugli spostamenti e cerniera plastica - `infrmDBPH`**

È la versione "con cerniera plastica" dell'elemento `infrmDB`, con plasticità concentrata alle due estremità dell'elemento. È un tipico modello di Giberson ad un solo componente [Giberson, 1967], costituito da una trave elastica e quattro molle rotazionali nonlineari collegate alle due estremità dell'elemento negli assi locali 2 e 3.

Tutte le deformazioni nonlineari dell'elemento sono concentrate in queste molle rotazionali, mentre la parte rimanente dell'elemento rimane elastica. Le curve momento-rotazione a ciascuna estremità nei due assi locali sono indipendenti. Questa è ovviamente una semplificazione rispetto all'elemento con formulazione basata sulle forze e cerniera plastica (`infrmFBPH`), in cui le deformazioni anelastiche sono distribuite lungo una regione finita posta agli estremi della trave e il comportamento nei due assi locali è correlato. Tuttavia, questa mancanza di accuratezza nella modellazione è compensata da un aumento della stabilità e da tempi di analisi significativamente più brevi.

Le nonlinearità geometriche, in particolare le relazioni forza-spostamento, sono modellate nella formulazione DBPH da quattro molle rotazionali nonlineari alle estremità dell'elemento, caratterizzate da una curva isteretica basata sulla curva di degradazione di Ibarra Medina Krawinkler Modificata (MIMK) con leggi isteretiche bilineari. I parametri della curva isteretica sono calcolati in automatico sulla base delle prescrizioni delle ASCE 41-23, quindi gli utenti necessitano solo di specificare la sezione dell'elemento. Gli assi locali e le notazioni per l'output sono gli stessi utilizzati per gli elementi con formulazione basata sulle forze.

### **Elemento frame inelastico con formulazione basata sugli spostamenti - `infrmDB`**

Questo è l'elemento 3D trave-colonna con formulazione basata sugli spostamenti, in grado di modellare gli elementi di un telaio spaziale tenendo in considerazione sia la nonlinearità geometrica che l'inelasticità del materiale. Come descritto nel paragrafo *Inelasticità del materiale*, lo stato di sforzo-deformazione degli elementi trave-colonna al livello della sezione si ottiene con l'integrazione della risposta nonlineare uniassiale del materiale delle singole fibre in cui la sezione è stata suddivisa, in modo da cogliere completamente il diffondersi dell'inelasticità nella lunghezza dell'elemento e nella sezione.

La formulazione basata sugli spostamenti segue l'approccio agli elementi finiti standard [es. Hellebrand and Scordelis 1981; Mari and Scordelis 1984], in cui le deformazioni degli elementi sono interpolate da un campo di spostamenti approssimato, prima che il PVD sia usato per formare la relazione di equilibrio dell'elemento. La formulazione DB presenta due sezioni d'integrazione per elemento ed impiega la quadratura di Gauss per una maggiore precisione.

Per approssimare la risposta nonlineare dell'elemento, lungo la lunghezza dell'elemento vengono applicate una deformazione assiale costante e una distribuzione di curvatura lineare, che è esatta solo per elementi prismatici elastico-lineari. Di conseguenza, l'elemento `infrmDB` dovrebbe essere impiegato con elementi di lunghezza ridotta; per questa ragione gli elementi `infrmDB` vengono impiegati in SeismoBuild solamente per modellare pilastri/travi tozzi/e.

In maniera analoga agli elementi con formulazione basata sulle forze, il numero di fibre utilizzate nei calcoli dell'equilibrio effettuati ad ogni sezione d'integrazione dell'elemento è posto pari a 150.

Gli assi locali e le notazioni per l'output sono definiti come nel caso degli altri tipi di elementi frame.

## Elemento frame elastico - elfrm

Ci sono casi in cui l'utilizzo di un tipo di elemento anelastico non è richiesto (ad es. elementi soggetti bassi livelli di eccitazione e quindi rispondono in modo elastico). Per questi casi, l'impiego di un elemento elastico lineare potrebbe essere preferibile, per questo motivo il tipo di elemento frame elastico *elfrm* è stato implementato in SeismoBuild.

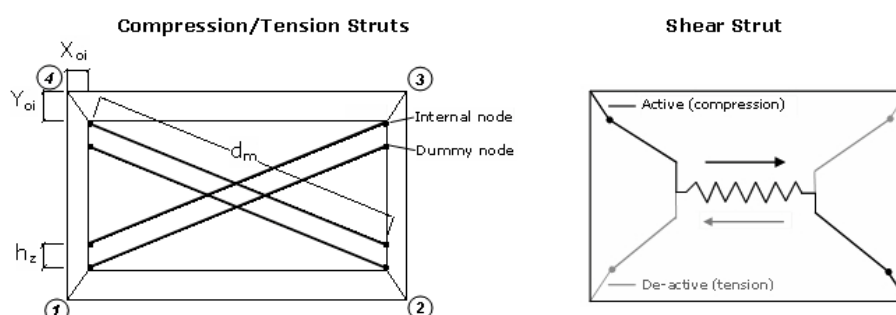
**NOTA:** Negli elementi *elfrm*, gli effetti P-delta come i grandi spostamenti/rotazioni sono debitamente tenuti in considerazione.

Gli assi locali e la numerazione di output sono le stesse degli elementi *infrmDB* e *infrmFB*.

## Elemento infill inelastico per pannelli di tamponamento - infill

In SeismoBuild le tamponature sono modellate con l'elemento a quattro nodi per pannelli di tamponamento che è stato proposto da Crisafulli [1997] per la modellazione della risposta non lineare dei pannelli di tamponamento in strutture a telaio.

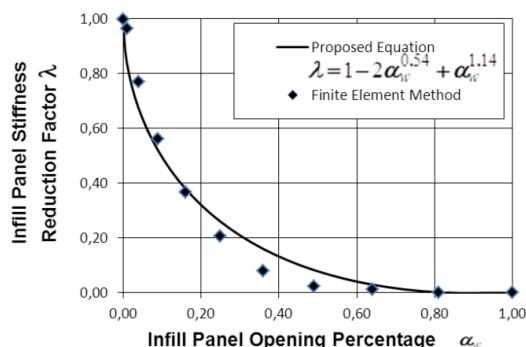
Ogni pannello è rappresentato da sei puntoni; ciascuna direzione diagonale presenta due puntoni paralleli per trasportare carichi assiali attraverso due angoli diagonali opposti e un terzo per trasportare il taglio dall'alto verso il basso del pannello. Quest'ultimo puntone agisce solo sulla diagonale cioè in compressione, quindi la sua "attivazione" dipende dalla deformazione del pannello. I bielle diagonali utilizzano un modello isteretico specifico che considera il graduale degrado della tamponatura con maggiori deformazioni e cicli di carico, mentre l'elemento a taglio utilizza una regola di isteresi bilineare dedicata. L'implementazione del modello in SeismoBuild supporta la graduale diminuzione dell'area delle bielle diagonali con maggiori deformazioni e danni, nonché rotture fuori piano per grandi drift fuori piano.



**Schematizzazione delle bielle di compressione/trazione e taglio nel modello di tamponatura di SeismoBuild**

L'effetto delle aperture del tamponamento viene considerato attraverso la seguente espressione proposta da Asteris et al. [2011]:

$$\lambda = 1 - 2\alpha_w^{0.54} + \alpha_w^{1.14}$$



**Fattore di riduzione della rigidezza del pannello di tamponamento in relazione alla percentuale di aperture**

**NOTA 1:** Nelle tipologie di analisi non lineare di SeismoBuild, la resistenza e la rigidezza dei tamponamenti sono introdotte dopo l'applicazione dei carichi iniziali, in modo che i primi non resistano ai carichi gravitazionali (che normalmente vengono assorbiti dal telaio circostante, eretto per primo).

#### Elemento Link lineare - linlink

Questi sono elementi link 3D con azioni assiali, di taglio e momento disaccoppiate che vengono utilizzati in SeismoBuild per modellare i Plinti elastici e nella modellazione delle Travi Rovescie elastiche. Tutti i sei gradi di libertà locali dell'elemento (F1, F2, F3, M1, M2, M3) seguono un andamento lineare.

#### Elemento Link Nonlineare - NLink

Questi sono elementi link 3D con azioni assiali, di taglio e di momento disaccoppiate che vengono utilizzati in SeismoBuild per modellare fondazioni anelastiche (sia Plinti che Travi Rovescie).

Gli elementi NLink collegano due nodi strutturali inizialmente coincidenti e richiedono la definizione di una curva di risposta forza-spostamento (o momento-rotazione) indipendente per ciascuno dei suoi sei gradi di libertà locali (F1, F2, F3, M1, M2, M3).

#### Elemento isolatore elastomerico (Bouc Wen) - isolator1

Gli elementi isolator1 sono elementi 3D di lunghezza nulla utilizzati per modellare il comportamento degli isolatori elastomerici utilizzati nelle applicazioni di isolamento sismico. Gli elementi isolator1 hanno proprietà di plasticità accoppiata per le due direzioni di taglio (assi 2 e 3 nel sistema di coordinate locali dell'elemento isolator1) mentre sono caratterizzati da comportamento elastico lineare per i restanti quattro tipi di deformazione. Il comportamento nelle direzioni di taglio si basa sul comportamento isteretico proposto da Wen [1976] e Park et al. [1986].

#### Isolatore a pendolo scorrevole FPS / tipo di elemento – isolator2

Gli elementi isolator2 sono elementi 3D di lunghezza nulla utilizzati per modellare il comportamento degli isolatori a pendolo scorrevole utilizzati nelle applicazioni di isolamento sismico. Gli elementi isolator2 hanno proprietà di plasticità accoppiata per le due direzioni di taglio (assi 2 e 3 nel sistema di coordinate locali dell'elemento) mentre sono caratterizzati da comportamento elastico lineare per i restanti quattro tipi di deformazione. Il modello di attrito descritto da Constantinou et al. [1999] viene utilizzato per calcolare il coefficiente di attrito della superficie di scorrimento dell'isolatore a pendolo scorrevole. Il coefficiente di attrito si calcola secondo la seguente equazione:

$$\mu = f_{fast\_1} - (f_{fast\_1} - f_{slow\_1}) \exp(-rate\_1 |v|)$$

dove  $f_{fast\_1}$  e  $f_{slow\_1}$  sono i coefficienti di attrito dell'isolatore rispettivamente a velocità veloce e lenta,  $v$  è la velocità dell'isolatore e  $rate\_1$  è il tasso che controlla la transizione dalle velocità da quelle basse a quelle alte.

L'elemento `isolator2` si comporta elasticamente nelle direzioni di taglio, con una rigidezza pari alla rigidezza elastica fornita dall'utente, fino al limite di snervamento definito dalla resistenza allo snervamento calcolata secondo la seguente equazione

$$Q_{yield} = \mu P$$

dove  $P$  è il carico verticale totale sull'isolatore. Le deformazioni plastiche dopo il punto di snervamento vengono calcolate utilizzando un algoritmo di Return-Mapping come descritto per i modelli di incrudimento da Simo e Hughes [1998]. La rigidezza post-snervamento è pari a  $P/R$  dove  $R$  è il raggio di curvatura del pendolo ad attrito e  $P$  è il carico verticale totale sull'isolatore.